


SIGILLUM ACADEMIAE HARVARDIANAE IN NOV ANG
CHRISTO ET ECCLESIAE
VE RI TAS

ACADÉMIE

DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES DE LA SECTION DES SCIENCES

ACADÉMIE

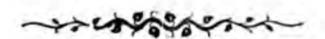
DES

SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES

DE LA SECTION DES SCIENCES

TOME PREMIER. — 2e SÉRIE



MONTPELLIER
TYPOGRAPHIE ET LITHOGRAPHIE CHARLES BOEHM
IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES
DU CONSEIL SUPÉRIEUR DES FACULTÉS

1894

833/49

1894, Mar. 30 – 1895, June 11.

ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

Bureau général de l'Académie pour 1894.

Président............ MM. CAUVET, ancien Conseiller à la Cour d'appel.
Vice-Président......... FOEX, Directeur de l'École nat. d'Agriculture.
Secrétaire général..... VIGIÉ, Doyen de la Faculté de Droit.
Vice-Secrétaire général. RÉVILLOUT Professeur honoraire.
Trésorier............ Chanoine SAUREL, Correspondant du Ministère de l'Instruction publique.
Bibliothécaire...... .. MANDON, Docteur ès lettres.

SECTION DES SCIENCES

Bureau de la Section des Sciences.

MM. IMBERT, *Président.*
ŒCHSNER DE CONINCK, *Vice-Président.*
HOUDAILLE, *Secrétaire.*
MASSOL, *Secrétaire-adjoint.*

Membres titulaires au 31 août 1894.

MM. BERTIN-SANS, Henri, Chef des Travaux prat. à la Faculté de Médecine.
CAZALIS DE FONDOUCE, Ingénieur civil.
COURCHET, Professeur à l'École supérieure de Pharmacie.
CROVA, Professeur à la Faculté des Sciences.
DAUTHEVILLE, Professeur à la Faculté des Sciences.
DELAGE, Professeur à la Faculté des Sciences.
FABRY, Professeur à la Faculté des Sciences.
FERROUILLAT, Professeur à l'École nationale d'Agriculture.
FOEX, Directeur de l'École nationale d'Agriculture.

MM. De FORCRAND, Professeur à la Faculté des Sciences.
De GIRARD, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine.
GUINARD, Naturaliste.
GRANEL, Professeur à la Faculté de Médecine.
HOUDAILLE, Professeur à l'École nationale d'Agriculture.
IMBERT, Professeur à la Faculté de Médecine.
JEANJEAN, Professeur à l'École supérieure de Pharmacie.
De LACVIVIER, Proviseur au Lycée de Montpellier.
MARÈS, Secrétaire perpétuel de l'Institut.
MASSOL, Professeur à l'École supérieure de Pharmacie.
MESLIN, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences.
MILHAUD, Professeur au Lycée de Montpellier.
ŒCHSNER de CONINCK, Professeur à la Faculté des Sciences.
PARLIER, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.
De ROUVILLE, Doyen honoraire de la Faculté des Sciences.
SABATIER, Doyen de la Faculté des Sciences
Valéry MAYET, Professeur à l'École nationale d'Agriculture.
VIALA, Professeur à l'École nationale d'Agriculture.
VILLE, Professeur à la Faculté de Médecine.

TABLE DES MATIÈRES

ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES
DE LA SECTION DES SCIENCES

ÉLOGE DE M. LICHTENSTEIN
Par **M. Armand SABATIER**.

ÉTUDE
DE LA
VALEUR THERMIQUE DE LA FONCTION ALCOOL
Par **M. de FORCRAND**

SPERMATOGENÈSE
CHEZ
LES CRUSTACÉS DÉCAPODES
Par **M. Armand SABATIER**.

2e SÉRIE. — TOME PREMIER.
No 1.



MONTPELLIER
CHARLES BOEHM, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE, RUE D'ALGER, 10

1893

PRIX DES MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

1re série, in-4°, de 1847 à 1892

La collection complète des trois Sections..........	26	vol.	Fr. 540
La collection de la section de Médecine...........	6	—	106
La collection de la section des Sciences...........	11	—	251
La collection de la section des Lettres............	9	—	183

SECTION DES SCIENCES

Tome I (1847-1850).................. Fr 25

Fascicule 1 (1847). Dunal, Marié-Davy (3), Gergonne, Marcel de Serres, Rafeneau-Delile, Gerhardt, P. Gervais.......................... 4

— 2 (1848). Peytal (2), Roche, Marcel de Serres (2), O. Bonnet, Chancel, Dunal (3), de Girard, P. Gervais.......................... 10

— 3 (1849). P. Gervais (2), Marcel de Serres, Marié-Davy, Roche, Chancel, de Girard, Lenthéric.... 5

— 4 (1850). Marié-Davy, Roche, Marcel de Serres, P. Gervais (3), Lenthéric, Peytal, Chancel.. 6

Tome II (1851-1854)...................... 25

Fascicule 1 (1851)..... Lenthéric, Roche, Marcel de Serres, de Rouville, P. Gervais (2), Dunal. 5

— 2 (1852-1853) Lenthéric, Lenthéric neveu (2), Roche (3), Marcel de Serres (2), Marié-Davy (2), A. Godron, P. Gervais (2), Sallières, Courty........................ 7.50

— 3 (1854)..... Marcel de Serres (2), Ch. Martins (2), Roche, Marié-Davy, Lenthéric neveu, H. Faure......................(*épuisé*)

Tome III (1855-1857).................... 25

Fascicule 1 (1855). Parès, Marcel de Serres, Charles Martins, E. Roche.......................... 8.50

ACADÉMIE
DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES DE LA SECTION DES SCIENCES

ÉLOGE DE M. LICHTENSTEIN

Lu à la Séance du 28 mars 1892, par M. **Armand SABATIER**

MESSIEURS,

L'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier décerne aujourd'hui pour la première fois le prix Lichtenstein ; ce nom reporte naturellement notre pensée vers un des membres les plus dévoués et les plus aimés de notre Société.

Non seulement en effet, Lichtenstein a pendant une notable série d'années contribué à l'activité scientifique et à l'intérêt de nos réunions ; mais il a pris la peine d'administrer la bourse de l'Académie, en attendant que sa digne famille vînt y déposer les ressources nécessaires pour créer le prix qui porte son nom.

Jules Lichtenstein appartenait à un groupe d'amis de la science qui sont un des éléments les plus vivants de nos séances. Il représentait dignement la science libre, la science aimée pour elle-même, cultivée avec enthousiasme aux heures de loisir, comme une diversion heureuse et impatiemment attendue entre deux séances consacrées dans le comptoir à la conduite sévère et soucieuse des affaires. Les hommes voués et attachés par profession à la culture de la science ne sauraient toujours apporter à nos communications cette curiosité, cette émotion, qui animent ceux qui ne peuvent la cultiver qu'à la dérobée. Pour ceux-ci c'est une

amie dont les visites sont comptées, mesurées et attendues avec une charmante anxiété qui en grandit la douceur.

Des hommes comme Jules Lichtenstein apportent dans nos sciences une vivacité d'intérêt, une jeunesse d'impressions, une avidité de connaître, qui se communiquent, et qui vivifient l'entretien.

Aussi l'Académie est-elle toujours heureusement inspirée quand elle mêle aux membres de l'Université qui en font partie le plus grand nombre possible de ces précieux *laïques* de la science, de la littérature et de l'art. L'animation, la vie, l'intérêt des séances y gagnent fortement, et l'Académie n'a qu'à se louer de s'être surtout constituée comme la réunion de tous ceux qui dans notre savante cité sont les maris ou les amants de la culture intellectuelle.

Si Jules Lichtenstein a aimé passionnément l'étude de la nature, celle-ci n'a pas été ingrate. Ce n'est pas en vain qu'il l'a recherchée et appelée. Elle lui a généreusement répondu.

L'étude des insectes et la formation d'une riche collection n'avaient eu d'abord chez lui qu'un intérêt spéculatif. Il s'était attaché au monde des Papillons et des Abeilles parce qu'il le trouvait aimable, et sans lui demander en échange quelques-uns de ces secrets qui deviennent les éléments d'une solution pratique à des difficultés présentes. Mais la science n'est jamais sollicitée en vain. Elle réserve toujours quelque chose de bon à ceux qui ont consenti à entrer en commerce avec elle. Si je ne parlais au sein de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, je trouverais dans l'œuvre scientifique de Lichtenstein une belle occasion de plaider en faveur des études scientifiques faites pour elles-mêmes et en dehors de toute pensée d'application immédiate ; mais je ne veux pas être traité ici de cousin de M. de la Palisse, et je me borne à raconter que par ses études antérieures G. Lichtenstein se trouva admirablement outillé, quand surgit parmi nous la terrible question du Phylloxera et des insectes destructeurs de la vigne. Il apporta dans ces recherches une ardeur, une patience et une ingéniosité incomparables. Observations originales, théories hardies et pittoresques, polémiques ardentes, devinrent sa préoccupation

constante et finirent par envahir sa vie de négociant et d'agriculteur. Peu à peu le savant l'emporta sur l'homme des intérêts viticoles, et l'ardeur qui l'attachait à ses études devint si grande que l'amour du phylloxera domina peut-être un jour celui de la plante qu'il détruisait. Il n'aurait pas fallu commettre l'indiscrétion de demander au chercheur passionné ce qu'il eût trouvé préférable de conserver les vignes sans connaître leur ennemi, ou de scruter les secrets de l'évolution biologique de ce cher Aphidien, tout en perdant nos riches cépages. Quelle eût été sa réponse ? lequel l'eût emporté dans ses préférences ? Je ne sais ; peut-être un jour, dans un de ses rêves a-t-il vu le terrible insecte comme un sylphe venu tout exprès pour nous révéler les merveilles de quelque paradis bourdonnant réservé par la Providence aux entomologistes fidèles. Vision charmante qui a pu avoir son heure dans cette nature où la candeur poétique et la perspicacité savante se coudoyaient à chaque instant ; mais dans tous les cas vision noble et digne de l'homme qui plaçait le bonheur de la connaissance au-dessus de la richesse palpable.

Une si noble ardeur devait être récompensée par quelques-unes de ces trouvailles qui remplissent le cœur du chercheur d'une joie ineffable, et qui sont pour lui un large dédommagement. Lichtenstein connut cette joie. Quelques-unes de ses observations originales et inattendues furent confirmées après avoir été combattues, et il put goûter le bonheur de vaincre après avoir lutté. Ses idées si intéressantes, si neuves, si originales sur les migrations des pucerons, surprirent bien des savants ; et il n'est que trop vrai, qu'elles furent traitées de *roman*, dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, par un des hommes considérables de la science française. Lichtenstein y répondit avec sa plume convaincue et résistante dont il savait fort bien aiguiser la pointe, quand il se sentait piqué; et plus tard il eut la satisfaction de voir son prétendu *roman* considéré comme un chapitre d'histoire par les juges les plus compétents et les observateurs les moins contestés. Avec quelle physionomie épanouie, avec quelle pétulance joyeuse il parlait de ce succès de la vérité, qui était cette fois son

propre succès ! On ne résistait pas à un emportement si honnête et si sincère. On s'y associait de grand cœur.

Mon but n'a pas été de vous présenter un tableau complet de l'œuvre scientifique de Lichtenstein, mais de projeter ici une modeste et pieuse silhouette de cette figure attachante qui a tenu parmi nous une place si honorable.

Notre secrétaire général, à la constante sollicitude duquel l'Académie est fort redevable, a pensé que la première proclamation du lauréat du prix Lichtenstein ne pouvait avoir lieu sans que fût évoqué le souvenir de celui à la mémoire duquel était due la fondation. Je l'ai pensé avec lui, et j'ai répondu à cet appel, comme l'eût fait tout autre membre de l'Académie.

J'ai été tout heureux de me reporter par la pensée vers ce regretté collègue, avec lequel j'avais eu de fréquentes et fructueuses relations de savant et d'ami. J'ai fait appel à ce souvenir d'autant plus volontiers qu'il ne se sépare certainement, ni pour vous, ni pour moi, de celui d'un autre de nos collègues les plus excellents, son beau-frère et collaborateur Émile Planchon, dont le nom, si souvent associé au sien, signifiera toujours comme le sien, amour de la science, respect et passion de la vérité, loyauté, droiture et désintéressement.

Je prie, en terminant, les dignes héritiers de J. Lichtenstein d'agréer les remerciements de l'Académie, pour la bonne pensée qu'ils ont eue de fixer le nom de leur père vénéré dans le souvenir des futures générations de naturalistes, pour lesquels il restera à la fois un exemple et un encouragement.

ÉTUDE

DE LA

VALEUR THERMIQUE DE LA FONCTION ALCOOL

Par M. De FORCRAND.

Les recherches que je poursuis depuis plusieurs années sur les alcoolates alcalins et sur la chaleur de formation de ces combinaisons m'ont conduit à me demander s'il n'y a pas une relation simple entre la chaleur de formation de ces corps.

Si l'on se rapporte, par exemple, à la réaction générale :

$$\text{Alcool} + \text{Métal} = \text{H} + \text{Alcoolate}$$

il est évident que sa valeur thermique peut être considérée comme mesurant la valeur même de la fonction de l'alcool qu'on examine, et que la comparaison des nombres obtenus permet de comparer entre elles les valeurs de la fonction des divers alcools, à la condition de choisir toujours le même métal et de prendre les corps qui interviennent dans les deux membres de l'équation dans le même état physique.

Or, parmi les faits qui résultent immédiatement de mes expériences, il en est quatre que je dois rappeler ici, car ils servent de base à tous les raisonnements qui vont suivre :

1° Quel que soit l'alcool auquel on s'adresse, l'alcoolate formé présente une tendance très marquée à la formation de combinaisons polyalcooliques, telles que CH^3NaO, CH^4O ou C^3H^7NaO, $5\,C^3H^8O$ iso. Cette propriété est absolument générale et une des plus caractéristiques parmi celles des alcools. Elle se retrouve toujours, quels que soient le poids moléculaire et l'atomicité ; on la rencontre aussi bien pour les alcools primaires ou secondaires que pour les alcools tertiaires. Ces combinaisons, que la chaleur détruit en enlevant l'alcool en excès et laissant un résidu d'alcoolate,

appartiennent certainement au même groupe de composés que les hydrates secondaires alcalins ou alcalino-terreux, que les hydrates des acides ou des sels, ou que les sels acides des acides monobasiques. Elles forment, avec ces derniers corps, une famille très nombreuse de composés sous le nom de ***combinaisons d'addition***. Je tenais à rappeler que cette tendance est tout à fait générale, du moins pour les alcoolates sodiques, que j'ai plus spécialement étudiés. On rencontre toujours ces alcoolates polyalcooliques, dont l'existence est même plus fréquente que celle des hydrates salins et des sels acides. Ces derniers en effet proviennent presque toujours de l'union d'un sel avec une ou plusieurs molécules de l'acide même du sel, tandis qu'un alcoolate sodique s'unit aussi bien à l'alcool de cet alcoolate qu'à un autre alcool.

2° J'ai également mis en évidence l'analogie qui existe entre la valeur de la fonction de l'eau et celle de la fonction des alcools mono-atomiques, ainsi que le montrent les données suivantes :

		Cal.
H^2O	sol. + Na sol.........	+ 31,87
H^2O	liq. + Na sol.........	+ 33,30
CH^4O	liq. + Na sol.........	+ 33,19
$\begin{matrix} CO-NaO \\ \mid \\ CH^2-OH \end{matrix}$	sol. + Na sol.........	+ 31,99

Ces quelques rapprochements ne laissent aucun doute : il est certain que l'eau, H — OH agit sur le sodium tout à fait comme un alcool tel que : $CH^3 - OH$, l'hydrogène ***non métallique*** de l'eau pouvant être remplacé par un radical hydrocarboné tel que CH^3 sans qu'il en résulte aucune différence dans la valeur de la fonction. On peut faire ici facilement la part de la différence d'état physique, et admettre qu'un alcool mono-atomique solide donnerait constamment un nombre très voisin de + 31,87 ou + 32 cal. Bien plus, le glycolate de soude $\begin{matrix} CO-NaO \\ \mid \\ CH^2-OH \end{matrix}$ nous montre un alcool monoatomique, dont la fonction acide a été salifiée, dont l'état physique est solide comme celui de l'eau, et qui nous fournit précisément notre même valeur + 32 cal. (+ 31,99). On peut donc énoncer la loi générale suivante :

« La fonction alcool mono atomique primaire solide a une valeur égale à + 32 Cal. dans la réaction : alcool solide + Na sol. »

Cette valeur est en effet indépendante de la nature du résidu uni à OH.

3° Les nombres relatifs aux alcools mono atomiques secondaires et tertiaires sont plus faibles, d'après les mesures faites sur les dérivés sodiques de l'alcool isopropylique et du triméthylcarbinol. Ainsi on aurait :

	Cal.
Alcool secondaire solide + Na sol......	+ 29,75
Alcool tertiaire solide + Na sol......	+ 27,89

L'alcool primaire solide donnant à peu près + 32 Cal., on voit que pour chaque genre d'alcool (primaire, secondaire ou tertiaire), la valeur de la fonction, ainsi mesurée, ne reste pas constante, mais diminue régulièrement de 2 Cal.

4° Les alcools polyatomiques (glycol, glycérine, érythrite, mannite) possèdent chacun deux fonctions primaires, soit seules (glycol), soit séparées par une, deux ou quatre fonctions secondaires. Ces alcools sont solides, sauf le glycol ; mais pour ce composé on peut admettre avec une approximation suffisante que sa chaleur de fusion est la moyenne entre — 1,43 (eau) et — 3,9 (glycérine), soit — 2,66. On obtient alors les nombres suivants, rapportés tous aux alcools solides :

Glycol solide + Na sol........	+ 36,34
Glycérine solide + Na sol........	+ 39,99
Érythrate solide + Na sol........	+ 38,14
Mannite solide + Na sol........	+ 34,82

tous ***supérieurs*** à + 32 Cal.

D'autre part, les dérivés sodés ainsi formés réagissent sur un second atome de sodium en donnant des alcools disodés :

Glycol monosodé solide + Na sol....	+ 27,67
Glycérine monosodée solide + Na sol.. .	+ 29,91
Érythrite monosodée solide + Na sol....	+ 31,32

nombres tous ***inférieurs*** à + 32 Cal.

Il semble donc que, lorsqu'un corps présente deux fois la fonction alcool primaire, la valeur des deux fonctions n'est pas la même.

La première serait plus forte, la seconde plus faible que la fonction d'un alcool mono-atomique primaire (+ $32^{Cal.}$).

La valeur de la fonction ne varie donc pas seulement avec le genre de l'alcool (primaire, secondaire, tertiaire) mono-atomique ; elle paraît varier ainsi avec l'atomicité.

Cependant, lorsqu'on y réfléchit, on voit que cette dernière conclusion n'est pas admissible.

Pour plus de simplicité, considérons le glycol : $\begin{array}{l} CH^2 - OH \\ | \\ CH^2 - OH \end{array}$.

Admettre que les deux fonctions de ce composé n'ont pas la même valeur, c'est dire que les deux OH ne jouent pas le même rôle, que la molécule n'est pas symétrique, ce qui est absolument contraire à tous les faits connus. Il n'est certainement pas de constitution plus symétrique que celle du glycol ; c'est une vérité d'expérience, indépendante de toute hypothèse et exprimée dans toutes les notations.

Dès lors, comment concilier ce fait avec les résultats que je viens de signaler, savoir : l'inégalité des deux nombres + 36,34 et + 27,67, inégalité que l'on constate aussi pour les autres alcools polyatomiques ?

Cette question a une grande importance, parce qu'on la retrouve dans l'étude des autres fonctions répétées, ainsi qu'il résulte d'anciennes expériences faites par M. Berthelot, et d'observations plus générales et plus précises publiées récemment par M. Massol, au sujet des acides bibasiques. Ceux-ci donnent encore pour la première fonction des nombres plus élevés que pour la seconde, et cela constamment. M. Massol dit, à ce sujet, qu'en réalité un acide tel que l'acide oxalique n'est bibasique que lorsqu'il n'est pas encore combiné au métal, mais que lorsqu'il a déjà subi une première substitution métallique, il devient acide monobasique et agit comme tel. Si lors de la première réaction la chaleur dégagée est plus considérable, c'est que le fait de posséder deux fois la

fonction exagère la première ; c'est une ***dépendance fonctionnelle.***

Une pareille interprétation ne peut servir qu'à exprimer commodément les faits et non à les expliquer. Sans doute il y a dépendance fonctionnelle, mais quelle en est la nature ? C'est ce que je me propose de rechercher en raisonnant sur les alcools et les alcoolates.

En réalité, je pense que cette exagération de la première fonction, puis la diminution de la seconde, lorsqu'on mesure leurs valeurs successivement, ne sont que des apparences, et que les deux fonctions ont exactement la même valeur, ainsi qu'on va le voir :

Considérons, en effet, non pas un alcool polyatomique, mais le plus simple des mono-atomiques, l'alcool méthylique. Au lieu d'écrire la réaction qui se produit entre une molécule de ce corps et un atome de sodium :

$$CH^4O \text{ liq.} + Na \text{ sol.} = H \text{ gaz.} + CH^3NaO \text{ sol.} + 33,19$$

réaction que l'on ne peut effectuer directement, prenons *deux* molécules d'alcool. L'expérience montre que l'on a :

$$\begin{matrix} CH^4O \\ CH^4O \end{matrix} \text{ liq.} + Na \text{ sol.} = H \text{ gaz} + \begin{pmatrix} CH^4O \\ CH^3NaO \end{pmatrix} \text{ sol} .. + 42,03$$

c'est-à-dire que les deux molécules de CH^4O, primitivement indépendantes, ne le sont plus après cette réaction ; l'une d'elles a subi la substitution métallique, tandis que l'autre s'est unie à l'alcoolate ainsi formé ; le corps $\begin{pmatrix} CH^4O \\ CH^3NaO \end{pmatrix}$ n'est pas un mélange, mais une véritable combinaison ; c'est le méthylate de sodium monométhylique. Provoquons maintenant la seconde substitution :

$$\begin{pmatrix} CH^4O \\ CH^3NaO \end{pmatrix} \text{ sol.} + Na \text{ sol.} = H \text{ gaz} + \begin{matrix} CH^3NaO \\ CH^3NaO \end{matrix} \text{ sol}... + 24,35$$

ainsi, la première réaction dégage, non pas + 33,19, comme :

$$CH^4O \text{ liq.} + Na \text{ sol.} = \text{gaz} + CH^3NaO \text{ sol}$$

mais + 42,03, c'est-à-dire + 8,84 de plus, et inversement la seconde donne + 24,35, soit 8,84 de moins que 33,19.

Faut-il dire cependant que les deux molécules CH^4O initiales ne sont pas identiques? Evidemment non. Pour l'une comme pour l'autre, la valeur de substitution sodique est la même: + 33,19 pour l'état liquide de l'alcool, ou environ + 32 pour l'état solide.

L'explication de cette inégalité apparente est entièrement dans la formation du méthylate méthylique $\begin{pmatrix} CH^4O \\ CH^3NaO \end{pmatrix}$ dont j'écris la formule entre parenthèses pour indiquer que les deux molécules ne sont plus indépendantes; une véritable combinaison (moléculaire) s'est formée entre CH^4O et CH^3NaO, et elle a dégagé + 8,84; aussi la première réaction donne + 33,19 + 8,84, soit + 42,03. Et inversement, pour produire la seconde substitution, il a fallu d'abord restituer à ce composé $\begin{pmatrix} CH^4O \\ CH^3NaO \end{pmatrix}$ la quantité de chaleur dégagée dans sa formation:

$$\begin{pmatrix} CH^4O \\ CH^3NaO \end{pmatrix} \text{sol.} = CH^4O \text{ liq.} + CH^3NaO \text{ sol}\ldots - 8,84$$

puis, la seconde molécule CH^4O, ainsi régénérée, a produit + 33,19 avec le second atome de sodium, ce qui donne en définitive + 24,35. En d'autres termes, c'est la valeur moyenne:

$$\frac{42.03 + 24\ 35}{2} = 33,19$$

qui correspond à la fonction de l'alcool méthylique liquide, aussi bien pour la première molécule que pour la seconde.

Il me semble que la même explication peut être étendue au glycol, dont les deux réactions s'écriront de la manière suivante:

$$\begin{matrix} CH^3O \\ | \\ CH^3O \end{matrix} \text{ liq.} + \text{Na sol.} = \text{H gaz} + \begin{pmatrix} CH^3O \\ | \\ CH^2NaO \end{pmatrix} \text{sol}\ldots + 39,00$$

ou à partir du glycol *solide*. . . . . + 36,34

et:

$$\begin{pmatrix} CH^3O \\ | \\ CH^2NaO \end{pmatrix} \text{sol.} + \text{Na sol.} = \text{H gaz} + \begin{matrix} CH^2NaO \\ | \\ CH^2NaO \end{matrix} \text{ sol}\ldots + 27,67$$

la moyenne donne:

pour le glycol liquide: $\frac{39,00 + 27,67}{2} = + 33,33$

pour le glycol solide: $\frac{36,34 + 27,67}{2} = + 32,00$

c'est-à-dire que, dans la première réaction, la ***fonction*** qui a subi la substitution métallique s'est ***unie*** à la fonction restée intacte, comme tout à l'heure le méthylate CH^3NaO s'unissait à CH^4O pour donner le méthylate de sodium monométhylique. Dans les deux cas, ce sont des combinaisons véritables. La seule différence est que, lorsqu'il s'agit de deux molécules d'alcool monoatomique, on obtient une combinaison ***moléculaire*** $\left(\begin{matrix}CH^4O\\CH^3NaO\end{matrix}\right)$, tandis qu'avec le glycol, il se forme une combinaison ***interne*** ou ***intra-moléculaire*** $\left(\begin{matrix}CH^3O\\|\\CH^2NaO\end{matrix}\right)$,

Tout en simplifiant notablement les résultats donnés directement par l'expérience, l'explication qui précède a l'avantage de porter notre attention sur les phénomènes qui se passent à l'intérieur même des molécules à fonction répétée, et même de nous donner un moyen de mesurer thermiquement ces modifications intra-moléculaires, et cela en dehors de toute hypothèse.

Ainsi pour le glycol la transformation

$$\begin{matrix}CH^3O\\|\\CH^2NaO\end{matrix}\ \text{sol.} = \left(\begin{matrix}CH^3O\\|\\CH^2NaO\end{matrix}\right)\ \text{sol.}$$

c'est-à-dire la combinaison intra-moléculaire dégage : $+ 36,34 - 32,00$ soit $+ 4^{Cal.},54$ Cette quantité de chaleur est tout à fait de l'ordre de grandeur de la chaleur dégagée par la fixation d'une molécule alcoolique sur un alcoolate mono-atomique, d'après les nombreuses déterminations que j'ai faites à ce sujet.

C'est, je crois, un type de composés beaucoup plus répandu qu'on ne le suppose ; il est probable que des faits analogues se produisent lorsqu'une molécule d'un acide bibasique SO^4H^2 ou $C^2O^4H^2$ s'unit avec un seul atome du métal, et que ce qu'on appelle un sulfate ou un oxalate acide : SO^4NaH ou C^2O^4NaH n'est pas simplement :

$$SO^2 < \begin{matrix}OH\\ONa\end{matrix} \quad \text{ou} \quad \begin{matrix}CO-OH\\|\\CO-ONa\end{matrix}$$

mais que la fonction acide non encore salifiée s'unit avec l'autre de manière que les formules de ces corps seraient :

$$\left(SO^2 < \begin{matrix} OH \\ ONa \end{matrix}\right) \quad \text{ou} \quad \left(\begin{matrix} CO - OH \\ | \\ CO - ONa \end{matrix}\right)$$

les parenthèses indiquant, comme précédemment une combinaison intra-moléculaire.

Il est juste de remarquer d'ailleurs que si, d'une manière générale, cette explication paraît devoir être étendue aux acides bibasiques et à leurs sels, il faut tenir compte, pour ces composés, de certaines propriétés qui leur sont propres. Je veux dire d'une part que, si les sels des acides monobasiques ont aussi la faculté de s'unir à des molécules acides pour former des sels acides (combinaisons moléculaires), cette tendance est moins générale que celle des alcoolates à s'unir à une ou plusieurs molécules d'alcool ; en outre et inversement les sels possèdent à un degré bien plus marqué que les alcoolates la propriété de s'unir entre eux pour former des sels doubles, de sorte qu'un sel neutre d'un acide bibasique, un sulfate ou un oxalate alcalin, pourrait très bien être non seulement :

$$SO^2 < \begin{matrix} ONa \\ ONa \end{matrix} \quad \text{ou} \quad \begin{matrix} CO - ONa \\ | \\ CO - ONa \end{matrix}$$

mais

$$\left(SO^2 < \begin{matrix} ONa \\ ONa \end{matrix}\right) \quad \text{ou} \quad \left(\begin{matrix} CO - ONa \\ | \\ CO - ONa \end{matrix}\right)$$

ces dernières formules indiquant une combinaison des deux fonctions salifiées, une sorte de polymérisation intra-moléculaire.

Il résulte de cette dernière remarque que la seconde réaction faite avec un acide bibasique, soit :

$$\left(\begin{matrix} CO - OH \\ | \\ CO - ONa \end{matrix}\right) \text{sol.} + \text{Na sol.} = \text{H gaz} + \left(\begin{matrix} CO - ONa \\ | \\ CO - ONa \end{matrix}\right) \text{sol}$$

donnerait un nombre qui correspondrait à trois effets dont il serait la somme algébrique :

1° Transformation de $\left(\begin{matrix} CO - OH \\ | \\ CO - ONa \end{matrix}\right)$ sol. en $\begin{matrix} CO - OH \\ | \\ CO - ONa \end{matrix}$ sol. effet thermique négatif.

2° réaction de $\begin{matrix} CO - OH \\ | \\ CO - ONa \end{matrix}$ sol. sur Na sol. avec dégagement du

H gaz et formation de $\begin{matrix} CO - ONa \\ | \\ CO - ONa \end{matrix}$ sol. — effet thermique positif.

3° changement de $\begin{matrix} CO - ONa \\ | \\ CO - ONa \end{matrix}$ sol. en $\left(\begin{matrix} CO - ONa \\ | \\ CO - ONa \end{matrix}\right)$ sol. — effet thermique positif.

Ce troisième effet n'intervient pas pour les alcoolates ; ici au contraire il s'ajoute au second et peut compenser le premier qui est de signe contraire.

Il suit de là que la différence entre les nombres observés pour l'action successive de 2 Na sol. sur un acide bibasique est beaucoup moins constante que lorsqu'il s'agit d'un alcool diatomique, et en fait elle varie en effet dans des limites assez étendues et pourrait même changer de signe.

Mais revenons aux alcools.

Si l'explication qui précède nous montre que les deux fonctions du glycol ont réellement la même valeur et que cette valeur est précisément la même que celle de *tous* les alcools mono-atomiques primaires y compris l'eau, et même que celle de l'acide glycolique, malgré la coexistence de la fonction acide, on doit penser qu'il y a là une loi générale qu'on pourrait énoncer ainsi :

« La valeur de la fonction alcool primaire est constante ».

Examinons maintenant jusqu'à quel point cette explication peut être étendue aux alcools tri, tetra et hexatomiques.

Il ne peut être question que de la glycérine et de l'érythrite, pour lesquelles nous avons des données relatives aux deux fonctions primaires.

On voit immédiatement que, pour ces deux alcools, les nombres :

+ 39,99	et 29,91	(glycérine solide)
+ 38,14	et 31,32	(érythrite solide)

donnent pour moyenne :

+ 34,95 et 34,73

valeurs presque identiques mais qui dépassent + 32,00 et s'en écartent notablement.

Mais on doit remarquer que ces alcools possèdent, outre leurs

fonctions primaires, le premier une fois et le second deux fois la fonction d'abord secondaire. *A priori* on peut supposer que, si la fonction primaire libre peut s'unir à celle qui a été salifiée, la fonction secondaire de la glycérine peut de même se combiner à l'alcoolate double formé par les deux fonctions primaires de ce corps; de même pour les deux fonctions secondaires de l'érythrite. Et en fait l'expérience montre que la faculté de donner des alcoolates polyalcooliques n'appartient pas exclusivement aux alcools primaires; j'ai pu combiner l'isopropylate et le glycolalcoolate sodiques avec l'alcool isopropylique, et même le triméthylcarbinol sodé s'unit avec un excès de triméthylcarbinol. Cette propriété est donc commune à tous les genres d'alcools. Pour la combinaison triisopropylique de l'isopropylate sodique j'ai trouvé un dégagement de chaleur de $+ 4^{Cal.},34$ par molécule d'alcool fixée. Ainsi, à ce point de vue, la fonction secondaire est tout à fait comparable à la fonction primaire, et son rôle doit être le même.

On peut dès lors étendre l'explication précédente à la glycérine et à l'érythrite, en faisant l'une des deux hypothèses suivantes :

Première hypothèse.

Pour la glycérine, les deux premières substitutions sodiques dégagent $+39,99$ et $+29,91$. En admettant que la fonction secondaire solide ait une valeur constante $+29,75$ (comme l'alcool isopropylique), la troisième fonction de la glycérine, mesurée après les deux premières, donnerait un nombre inférieur à $+29,75$ si cette fonction était combinée dans le glycérinate disodique. Supposons que cette combinaison ait dégagé $+ 5^{Cal.},04$, c'est-à-dire précisément la même quantité de chaleur que la seconde fonction primaire en s'unissant avec le premier alcoolate $\left(\frac{+39,99-29,91}{2} = +5,04\right)$. On obtiendrait alors, pour la fonction secondaire :

$$+29,75 - 5,04 = +24,71$$

ce qui donnerait, pour la somme des valeurs apparentes :

$$+ 39,99 + 29,91 + 24,71 = + 94^{Cal.},61.$$

Or, cette somme est certainement égale à celle des valeurs vraies :

$$+ x + x + 29,75 = + 94,61$$

d'où $x = + 32^{Cal.},43$.

On peut faire le même raisonnement pour l'érythrite :

Les deux premières réactions ont fourni + 38,14 et + 31,32 dont la demi-différence est + $3^{Cal.},40$. Chacune des deux fonctions secondaires donnerait donc, en faisant la même hypothèse et à partir de l'érythrite disodique : + 29,75 — 3,40 ou + $26^{Cal.},35$. La somme des valeurs apparentes sera donc :

$$+ 38,14 + 31,32 + 26,35 + 26,35\,[1] = + 122,16$$

ce qui donne, pour les valeurs vraies :

$$y + y + 29,75 + 29,75 = 122,16$$

et

$$y = + 31,33.$$

On voit que les valeurs vraies que l'on obtient pour les fonctions primaires de la glycérine et de l'érythrite solides : + 32,43 et + 31,33 sont très voisines de + 31,87 ou + 32,00, valeur constante admise pour la fonction primaire solide des alcools mono ou diatomiques.

Le raisonnement que l'on vient de faire est basé sur cette hypothèse que la fonction secondaire de la glycérine a dégagé en s'unissant aux deux fonctions primaires salifiées exactement + $5^{Cal.},04$, comme la seconde fonction primaire en s'unissant à la première, et que de même chacune des deux fonctions secondaires de l'érythrite dégage + $3^{Cal.},40$, nombre donné par la seconde fonction primaire de l'érythrite se combinant avec la première.

[1] Il est probable que la mesure directe des deux fonctions secondaires donnerait, pour la première, un nombre un peu supérieur à + 26,35, et pour la seconde un nombre inférieur, la somme égalant toujours + 26,35 × 2.

Seconde hypothèse.

Supposons que ces valeurs vraies soient exactement + $32^{Cal.}$,00, c'est-à-dire :

$$x = y = + 32^{Cal}00.$$

On a alors, pour la glycérine :

Première réaction....... + 39,99 = + 32,00 + 7,99
Seconde réaction....... + 29,91 = + 32,00 — 2,09.

La différence + 7,99 comprend à la fois les combinaisons de la seconde fonction primaire et de la fonction secondaire avec le premier alcoolate. Lors de la seconde réaction, la première combinaison seule est détruite, on peut donc en faire la part : elle correspond à + 2,09. Par suite la fonction secondaire avait dégagé, en s'unissant un premier alcoolate + 7,99 — 2,09 = + 5,90. La troisième substitution fournirait donc seulement + 29 75 - 5,90, soit + 23^{Cal} ,85. On a ainsi :

Pour les valeurs apparentes :

$$+ 39,99 + 29,91 + 23,85 = + 93,75.$$

Pour les valeurs vraies :

$$+ 32,00 + 32,00 + 29,75 = + 93,75.$$

De même, pour l'érythrite, l'expérience donne :

Première réaction....... + 38,14 = + 32,00 + 6,14
Seconde réaction....... + 31,32 = + 32,00 — 0,68.

La différence + 6,14 comprend à la fois + $0^{Cal.}$,68 dû à la seconde fonction primaire et + 5,46 dû aux deux fonctions secondaires (soit en moyenne + 2,73 pour chacune). La troisième et la quatrième réaction donneraient donc en moyenne :

$$+ 29,75 — 2,73 = + 27,02.$$

On trouve ainsi :

Pour les valeurs apparentes :

$$+38,14+31,32+27,02+27,02=+123,50.$$

Pour les valeurs vraies :

$$+32,00+32,00+29,75+29,75=+123,50.$$

On voit que les deux hypothèses conduisent sensiblement aux mêmes résultats et aux mêmes valeurs totales de l'énergie de substitution, par le sodium, soit environ $+94^{Cal.}$ pour la glycérine et $+123^{Cal.}$ pour l'érythrite. Ces valeurs totales sont exprimées en grandes calories à peu près par le même nombre que le poids moléculaire des deux alcools (92 et 122). Ce rapprochement est sans doute fortuit, mais il est remarquable de le retrouver pour le glycol solide ($+64^{Cal.}$ et P. M. = 62) et pour l'alcool méthylique solide ($+32^{Cal.}$ et P. M. = 32). Il permet de formuler l'énoncé suivant:

« L'énergie totale de substitution sodique des quatre alcools solides :

Méthylique Glycol Glycérine Érythrite

rapportée à 1 gram. est constante et égale à $1^{Cal.}$. »

Quant à la mannite, on connaît seulement la valeur de la première réaction + 34,82, nombre supérieur à + 32,00. S'il est permis d'étendre à ce dernier alcool la théorie précédente, on voit que son énergie totale de substitution sodique serait :

$$+32,00+32,00+4\times 29,75=+183^{Cal.}$$

le poids moléculaire étant égal à 182.

— Il résulte de tous ces faits que, si l'expérience montre constamment un renforcement de la première fonction primaire et une atténuation de la seconde, dans les alcools polyatomiques ces différences ne sont qu'apparentes. Elles sont dues à ce qu'on est obligé de mesurer les valeurs de ces fonctions successivement, et tiennent à l'existence de combinaisons intramoléculaires entre les fonctions libres et celles qui ont réagi. En réalité, la fonction alcool primaire a exactement la même valeur quel que soit le degré d'atomicité de l'alcool, à condition de rapporter la réaction à l'état

solide de l'alcool et à la même substitution métallique. On peut donc dire :

« La valeur de la fonction alcool primaire solide est constante : elle est représentée par + $32^{Cal.}$ pour la réaction :

Alcool primaire solide + Na solide. »

Quant aux fonctions secondaires et tertiaires, il y a lieu de supposer que leurs valeurs doivent être aussi constantes et égales à celles que fournissent l'alcool isopropylique et le triméthylcarbinol, c'est-à-dire :

Alcool secondaire solide + Na solide.... + 29,75
Alcool tertiaire solide + Na solide.... + 27,89

SPERMATOGENÈSE

CHEZ LES

CRUSTACÉS DÉCAPODES

Par **M. Armand SABATIER.**



AVANT-PROPOS

J'ai publié dans les Comptes rendus de l'Institut du 9 janvier 1885 sur la spermatogenèse des Crustacés décapodes une note renfermant les résultats de mes premières recherches sur ce sujet. Depuis lors, je n'ai pas perdu de vue cette question délicate, et j'ai à diverses reprises soumis à l'épreuve des procédés techniques nouveaux mes premières observations.

Ces examens renouvelés m'ont conduit à un double résultat.

Ils ont confirmé sur quelques points les propositions que j'avais émises ; mais d'autre part ils m'ont conduit à modifier notablement sur d'autres points mes premières vues. Je tiens ici à développer les arguments qui militent en faveur des assertions qui me paraissent n'avoir rien perdu de leur vérité, mais en même temps j'exposerai les modifications apportées à mes premiers aperçus.

Je tiens d'autant plus à le faire que j'ai rattaché mes recherches sur les Crustacés à des idées générales sur la morphologie des éléments sexuels. J'ai été amené, soit par mes propres recherches, soit par les critiques qui m'ont été adressées, à apporter à mes conceptions générales des modifications très importantes. Je profiterai de l'occasion qui m'est offerte pour m'expliquer à ce sujet et pour dire très franchement ce que je pense aujourd'hui de la nature et de la signification des éléments auxquels a été attribuée par quelques naturalistes l'origine des cellules folliculaires et des spermatoblastes.

Depuis que ma note a été publiée a paru sur le sujet actuel un mémoire très important de G. Gilson[1], professeur d'embryologie à l'Université catholique de Louvain. Avant avaient paru les notes de Hermann[2], le mémoire de Nussbaum[3] et précédemment encore le mémoire très important de Grobben[4].

Depuis lors ont paru quelques publications qui touchent plus ou moins à la question qui nous intéresse. J'aurai l'occasion de les citer ; mais je dois signaler un mémoire important de G. Hermann[5] publié dans le *Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, que dirige avec tant de compétence le professeur Alfred Girard.

Grobben ayant fait une revue bibliographique complète de tout ce qui avait été avant lui publié sur la matière, je crois bien faire d'imiter l'exemple de G. Gilson, et de renvoyer le lecteur au mémoire de Grobben pour tout ce qui a précédé la publication de son mémoire.

Je m'attacherai surtout à comparer mes résultats avec ceux qui ont été obtenus par Grobben, et par ceux qui l'ont suivi sur ce terrain.

L'étude qui va suivre, résultant d'un très grand nombre d'observations et comportant de nombreux détails descriptifs, je crois devoir, pour en faciliter la lecture, donner à la fin de chaque Chapitre un résumé de son contenu, qui en indiquera les résultats les plus importants.

[1] G. Gilson ; *Etude comparée de la spermatogenèse chez les Arthropodes.* Recueil *La Cellule* II, 1er fascicule, 1886.

[2] G. Hermann ; *Sur la spermatogenèse des Crustacés podophtalmes, spécialement des Décapodes.* Comptes rendus de l'Institut, 29 octobre 1883. Id. *Observations sur la morphologie et le développement des spermatozoïdes, principalement chez les Crustacés* (Compte rendu des travaux de la section d'anatomie du Congrès de Copenhague, 1884).

[3] Nussbaum , *Ueber die Veränderungen der Geschlechtsprodukte bis zur Eifurchung.* (Arch. für mik. Anat., 1884).

[4] C. Grobben ; *Beiträge zur Kenntniss der männlichen Geschlectsorgane der Dekapoden.* Arbeiten aus dem zoolog. Institute der Univers. Wien, 1878.

[5] G. Hermann ; Notes sur la structure et le développement des spermatozoïdes chez les Décapodes. *Bulletin scientif. de la France*, etc., 1890, XXII.

TECHNIQUE.

Je ne crois pas devoir m'étendre longuement sur la technique que j'ai employée. L'explication des planches mentionnera toujours les procédés employés pour les préparations qui ont servi au dessin.

Le lecteur pourra s'assurer par là que j'ai eu recours à des méthodes très nombreuses et très variées. J'ai toujours agi sur des organes pris sur l'animal vivant, et j'ai employé pour les fixer la plupart des fixateurs connus.

Pour les dissociations extemporanées, je me suis admirablement trouvé de la liqueur cuprique de Ripart et Petit, soit pure, soit additionnée de quantité égale de solution d'acide osmique à 1 °/₀₀. Ce fixateur agit sur les cellules sans les déformer et tout en leur laissant leur transparence. Il a de plus l'avantage de favoriser l'action élective du vert méthyle acétique.

L'association de ce fixateur et de ce colorant m'a rendu les plus grands services pour la recherche des parties nucléaires ou, pour parler plus exactement, de la nucléine, soit dans le noyau, soit en dehors du noyau. Carnoy a prétendu que la réaction du vert méthyle n'avait une réelle valeur que pour la nucléine dans le noyau. Mes observations démontreront que ce que le vert méthyle colorait bien dans la vésicule ou dans le protoplasme (au moins dans le cas actuel) avait d'ailleurs toutes les propriétés optiques et chimiques de la nucléine.

Les diverses solutions chromiques, acéto-chromique, chromo-acéto-osmique, que Flemming a mises en faveur avec juste raison, m'ont également servi de fixateurs. Il faut y joindre les bichromates soit de potasse, soit d'ammoniaque.

Enfin je me suis très souvent servi comme fixateur d'une disso-

lution à saturation à froid de bichlorure de mercure dans l'eau, additionnée suivant les cas de 5 ou de 10 ou même de 20 pour cent d'acide acétique cristallisable. Ce dernier moyen donne des organes bien fixés et propres à fournir de bonnes coupes, où les relations réciproques des éléments se discernent bien, et où les colorants carminés se fixent vivement.

Après l'emploi suffisant des fixateurs, j'ai très généralement usé comme durcissants les alcools à des titres variant de 50° à 100°.

Quant aux colorants, je les ai largement employés, et j'ai contrôlé par la variété considérable de mes essais les résultats obtenus par ces diverses méthodes. Les solutions si variées de carmin soit aluné, soit boraté, l'hématoxyline, les couleurs d'aniline, les méthodes électives de Flemming, d'Hermann, de Bizzozero, les colorations multiples, m'ont fourni d'excellents moyens d'étude que j'ai utilisés; et j'ai pris pour règle de ne considérer un fait, comme réel, que lorsqu'il m'avait paru tel dans des séries de préparations obtenues avec des méthodes très diverses. Les colorations ont été faites tantôt en masse, tantôt sur les coupes mêmes. Les nombreuses coupes que j'ai réalisées, et pour la plupart conservées, ont été examinées soit dans le baume, soit dans la glycérine pure ou gélatinée.

Tel est le résumé très succinct de mes moyens de recherche. Il va sans dire que la pratique m'a conduit à trouver, dans bien des cas, des tours de main heureux qui ont facilité et perfectionné les moyens d'observation. Il serait trop long d'en rendre compte ici. Peut-être aurai-je l'occasion d'en dire un mot dans le cours même du travail.

PREMIÈRE PARTIE.

DESCRIPTION ET STRUCTURE GÉNÉRALES DU TESTICULE

Le testicule des Thoracostracés que j'ai particulièrement étudié présente des formes un peu variables. Mais il peut être considéré d'une manière générale comme composé de deux parties : l'une proprement glandulaire, et l'autre comprenant les canaux de perfectionnement et d'excrétion de la matière fécondante. Je m'occuperai surtout de la partie sécrétante proprement dite.

La portion glandulaire se présente sous la forme soit de tubes plus ou moins enroulés et dont les parois sont couvertes de diverticula (*Carcinus, Pagurus*, etc.) plus ou moins nombreux, plus ou moins accentués et volumineux, soit des grappes d'acini formant par leur réunion des lobes plus ou moins distincts (*Astacus*). Ces deux formes sont plus différentes en apparence qu'en réalité, car elles peuvent être ramenées l'une et l'autre à des organes tubulaires et cylindriques sur lesquels se sont développées des évaginations saillantes. Si les évaginations se sont fortement développées et ont pris des formes globulaires et sphériques volumineuses, la forme acineuse s'est accentuée ; si les diverticula sont devenus très allongés et grêles à parois bosselées, la forme tubuleuse et pelotonnée a prédominé. Quoi qu'il en soit de ces différences superficielles, la structure fondamentale est la même dans les deux cas, et se résume en :

1° Une enveloppe membraneuse pourvue de noyaux, qui peut, selon les cas et selon les points, être constituée par un ou plusieurs feuillets superposés et plus ou moins indépendants sur lesquels je reviendrai ;

2° Un contenu cellulaire constitué par des cellules de diverses formes et de dimensions variées, destinées à fournir les spermatozoïdes à la suite de transformations dont l'étude nous occupera longuement.

Je vais d'abord m'occuper du contenu testiculaire ; en traitant de l'origine des cellules qui le constituent, j'aurai l'occasion de parler des enveloppes et d'en étudier la constitution et le rôle.

Mes recherches ont porté sur un assez grand nombre de Crustacés décapodes ; mais j'ai particulièrement étudié : ***Astacus fluviatilis***, ***Pagurus striatus***, ***Pagurus callidus***, ***P. angulatus***, ***Paguristes maculatus***, ***Eupagurus Lucasi***, ***Diogenes varians***, ***Carcinus mænas***, ***Maia verrucosa***, ***Maia squinado***, ***Palinurus vulgaris***, ***Homarus vulgaris***, ***Scyllarus arctus***, ***Inachus scorpio***, ***Stenorhynchus phalangium***, ***Dromia vulgaris***, ***Corystes dentatus***, ***Palemon serratus***, ***Palemon Treillanus***, etc.

Les deux espèces que j'ai le plus régulièrement et le plus constamment suivies ont été ***Astacus fluviatilis*** et ***Pagurus striatus***. Cette dernière espèce, très commune à Cette, offre l'avantage d'avoir une glande génitale d'un beau volume et située dans l'abdomen. Cette dernière région ayant une enveloppe molle, il est très facile de mettre à nu les viscères abdominaux, et d'isoler le double testicule cylindrique qui est embrassé par les rameaux acineux de la glande gastro-hépatique. Je prendrai pour point de départ de mes descriptions ces deux espèces mieux fouillées, et j'indiquerai ensuite les particularités présentées dans les autres espèces que j'ai étudiées.

Le contenu testiculaire varie suivant les points. Il est en effet des parties du testicule où se forment spécialement les éléments spermatiques, d'autres qui servent simplement de tubes conducteurs ou excréteurs à ces éléments reproducteurs. Les éléments cellulaires qui occupent ces deux régions diffèrent notablement dans la plupart des cas ; mais nous verrons que certaines phases du développement peuvent singulièrement les rapprocher et même les assimiler complètement.

La cavité productrice de l'organe mâle considérée dans son état d'organisation complète nous a toujours apparu comme renfermant des groupes de cellules qui se distinguent les uns des autres par la structure des éléments cellulaires qui les composent. Ces groupes sont d'ailleurs le plus souvent assez nettement localisés et séparés les uns des autres. En suivant les phases de leurs

transformations sur des séries suffisamment nombreuses de sujets, et à des époques différentes, on peut constater que ces formes différentes constituent des phases successives de développement des cellules qui donneront naissance aux spermatozoïdes. On trouve donc très généralement dans les culs-de-sac glandulaires plusieurs générations de cellules reproductrices, qui se distinguent entre elles par une organisation qui correspond à la phase de développement à laquelle elles sont parvenues.

Ces cellules sont groupées par couches qui se recouvrent et s'emboîtent d'une manière plus ou moins complète, formant sur les coupes des croissants imbriqués, les plus récentes et les plus jeunes se trouvant à la périphérie, appliquées à la face interne de la membrane glandulaire et les autres, plus anciennes et plus avancées, occupant le centre de la cavité.

Le plus souvent, deux couches seulement coexistent; mais il arrive parfois qu'il y en a trois, et plus rarement jusqu'à quatre. Dans ce cas, les couches intermédiaires aux couches extrêmes, externe et interne, correspondent aussi à des âges et à des phases intermédiaires du développement cellulaire. Le nombre des cas où la cavité de l'organe ne renferme qu'une seule espèce de cellules est extrêmement restreint et ne correspond qu'à des périodes très courtes et très fugaces de la vie du cul-de-sac glandulaire, la période de formation sous forme de bourgeon et sa période de déclin comme organe producteur. Ce sont là d'ailleurs des phases que les travaux antérieurement publiés ont peu ou pas étudiées, et sur lesquelles je me propose d'insister.

Il convient maintenant de décrire les diverses formes cellulaires auxquelles nous venons de faire allusion, et je le ferai en allant des couches jeunes et superficielles aux couches profondes ou âgées. Cette manière de procéder aura un double avantage. Elle nous permettra de décrire les formes successives qu'acquièrent les éléments cellulaires testiculaires depuis la cellule germe jusqu'au spermatozoïde parfait, et d'indiquer au fur et à mesure les processus qui conduisent d'une forme à la forme qui en dérive immédiatement.

CHAPITRE PREMIER.

CELLULES DU GERME, BLASTÈME ET GERMES DE REMPLACEMENT

Les germes de remplacement ne sont pas des cellules complètes, mais seulement des noyaux plongés dans une masse indivise de protoplasma qui n'est pas circonscrite et délimitée comme corps cellulaires proprement dits. On les désigne ainsi parce que ce sont les éléments appelés à remplacer les éléments testiculaires qui se sont transformés en spermatozoïdes et ont abandonné le testicule. Peut-être ont-ils été vus par Brocchi [1] et compris dans ce qu'il a considéré comme un épithélium spermatogène. Mais Brocchi n'a pas décrit les éléments dont ce dernier est composé ; et c'est Grobben [2] qui le premier a observé et signalé d'une manière précise cette partie du contenu des tubes testiculaires. Grobben distingue dans l'épithélium testiculaire deux sortes d'éléments, les spermatoblastes, dont nous parlerons plus tard, et un second élément qui consiste en une couche de protoplasme, dans laquelle il n'a pu distinguer de limites cellulaires et qui renferme des noyaux. Ces noyaux, isolés ou réunis en groupes, sont enclavés entre les bases des spermatoblastes. Ils se colorent par le carmin et l'hématoxyline, beaucoup plus fortement que les spermatoblastes. Leur forme est très variable, car elle est déterminée par la pression des spermatoblastes voisins. Ces noyaux, contenus ainsi dans cette masse commune de protoplasme, Grobben les nomme *Germes de remplacement* (Ersatzkeime). L'ensemble de la formation est désigné par lui comme *Blastème de remplacement* (Ersatzkeimlager), parce qu'il établit le premier que ces noyaux

[1] Brocchi ; *Recherches sur les organes génitaux mâles des Crustacés décapodes. Ann. des Sc. nat.*, 1875.

[2] Grobben ; *Beiträge zur Kenntnis der männl. Geschlechtsorgane*, etc., 1878.

étaient les germes et le point de départ des spermatoblastes futurs. Dans ces germes se trouvent toujours des granulations ou même des grains très brillants qui brunissent par l'acide osmique et sont très vraisemblablement de la graisse. Ces noyaux se divisent et grossissent inégalement, de telle sorte qu'on distingue, dans la couche ou blastème de remplacement, des noyaux, les uns plus grands, les autres plus petits. Les gros noyaux se divisent encore *vraisemblablement*. Grobben n'a jamais vu se former, dans ces noyaux, de fuseaux nucléaires, quoiqu'il ait souvent observé des noyaux en voie de division.

Tels sont les caractères histologiques que Grobben attribue à ses germes de remplacement. Nous reviendrons plus tard sur la destinée future et le rôle qu'il leur attribue dans la formation des spermatoblastes.

Gilson [1], qui a publié récemment un travail très étendu sur la spermatogénèse des Arthropodes, a observé à son tour ce blastème de remplacement chez les Décapodes. Voici comment il résume ses observations sur l'existence et les caractères de cet élément :

« 1° La cavité de la partie productrice de l'organe mâle ne renferme, à une certaine période, qu'une masse de protoplasme indivise, véritable *plasmodium* contenant de nombreux noyaux ;

» 2° Ces noyaux présentent, en général, un élément nucléinien apparemment fragmenté ;

» 3° Ils se multiplient par sténose (division directe) pendant une grande partie de l'année, sans qu'aucun phénomène de diérèse se produise dans le protoplasme qui les contient. »

On voit que le *plasmodium* de Gilson représente fidèlement le *blastème de remplacement* (Ersatzkeimlager) de Grobben.

Quant à l'élément nucléinien, Gilson le représente, notamment, dans la fig. 420 de son Mémoire, comme composé « de corpuscules nucléiniens à contours irréguliers, plongés dans le caryoplasma, et se colorant intensément par le vert de méthyle ».

[1] Gilson ; *loc. cit.*

Quant à la signification de ces corpuscules nucléiniens, Gilson a vainement essayé de vérifier s'ils ne sont que des fragments dérivant de la segmentation du ***filament nucléinien des cellules mères qui ont vécu avant la formation du plasmodium***. Aucun réactif n'a pu lui démontrer des traces d'union entre ces fragments. Néanmoins, il incline à penser qu'il y a eu là fragmentation de la disposition filamenteuse de l'élément nucléinien, disposition qu'il est porté à regarder comme la forme typique de cet élément.

Quant à la multiplication par sténose de ces noyaux du plasmodium sans diérèse du protoplasma, elle lui paraît certifiée par trois faits : ***a*** l'augmentation du nombre de noyaux plasmodiques, ***b*** l'absence de caryocinèses, et ***c*** la présence de nombreux noyaux étranglés.

Gilson a observé chez *Astacus*, de septembre à décembre, «tous les stades imaginables de la sténose nucléaire» ; et «tous les intermédiaires entre le simple sillon, à peine indiqué à la surface du noyau, jusqu'au profond étranglement qui le divise en deux moitiés presque entièrement séparées».

Les lignes qui précèdent me paraissent renfermer sous une forme substantielle toutes les données essentielles fournies par Grobben et Gilson sur les ***Germes de remplacement***. Je ne sache pas que depuis la publication de Gilson (1886) il ait paru sur la matière de nouvelles études et de nouvelles assertions. Je vais aux données précédentes ajouter mes propres observations.

Comme Grobben et Gilson, j'ai très souvent observé sur la face interne de la membrane propre des acini des groupes de noyaux plongés dans une masse de protoplasme qui n'offre aucune trace de division. Je ne sais vraiment sur quelles données se fonde Gilson pour avancer que je ne me suis pas «***attaché spécialement*** à rechercher l'origine des ***premières métrocytes***, et que ***pas plus que Hallez*** je n'ai ***observé le plasmodium qui leur donne naissance***». Quand je discuterai la question de l'origine des noyaux du blastème de remplacement de Grobben, plasmodium de Gilson, et celle des spermatoblastes de Grobben, métro-

cytes de première grandeur ou premières métrocytes de Gilson, mes protospermatoblastes, il me sera facile de démontrer que l'assertion de Gilson à mon égard manque de fondement. Ce sont là en effet des points sur lesquels s'est spécialement portée mon attention. La suite le prouvera suffisamment. Ces noyaux sont, tantôt isolés et situés contre la membrane propre de l'acinus, enclavés entre les bases des spermatoblastes et métrocytes (Pl. II, 16); tantôt ils sont disposés en petits groupes situés également entre les spermatoblastes externes (Pl. I, 1; Pl. II, 8). Dans d'autres cas ils forment des groupes plus ou moins importants constituant à eux seuls une couche continue en forme de croissant appliquée contre la paroi propre de l'acinus et occupant une étendue plus ou moins considérable de la surface de celui-ci (Pl. I, 2; Pl. II, 14, 15). Cette couche peut être formée d'une série unique de noyaux (Pl. I, 11; Pl. II, 14; Pl. III, 1), ou bien composée de noyaux nombreux distribués irrégulièrement dans la masse commune de protoplasme (Pl. I, 2, 9, 12; Pl. II, 15, 24). Ces noyaux peuvent offrir des dimensions différentes, les uns étant déjà gros, d'autres étant plus ou moins petits relativement. Tandis que ces groupes ne renferment quelquefois que des noyaux simples sans zone de protoplasme circonscrite, dans d'autres cas le groupe renferme à la fois des noyaux de diverses dimensions, et de vraies cellules à grands noyaux ronds et à corps protoplasmique délimité que nous décrirons comme spermatoblastes ou protospermatoblastes (Pl. I, 5; Pl. II, 15, 16, 21, 22), Enfin dans certains cas le blastème formateur ou de remplacement, au lieu de constituer une couche superficielle appliquée contre la face interne de la membrane propre du testicule, forme une véritable bande en forme de corde d'arc de cercle qui sépare deux couches ou deux masses d'éléments testiculaires arrivés à des stades différents de développement et représentant, comme nous le verrons, des générations différentes d'éléments cellulaires (Pl. I, 5, 9; Pl. II, 3, 4, 5, 22).

Telles sont les formes principales que présentent les divers modes de groupement des germes ou noyaux du blastème, situés dans la cavité limitée par la membrane propre du tube testiculaire.

Mais parfois on aperçoit à la surface du tube ou de l'acinus glandulaire des noyaux en tout semblables aux précédents, isolés ou plongés dans une masse commune de protoplasme, mais qui au lieu d'être placés à la face interne de la membrane propre apparaissent nettement situés en dehors, et font une saillie plus ou moins importante sur la convexité de l'acinus (Pl. I, 8, 12; Pl. II, 16, 21). Cette sorte de blastème externe et proéminent ne peut à aucun titre, sauf pour la situation, être distingué du blastème interne et déjà décrit. Il se voit assez souvent et mérite d'être observé avec soin, car il contribuera à jeter une lumière précieuse sur l'origine du blastème de remplacement. Quand nous aurons à traiter de cette question controversée, nous verrons que les diverses formes de distribution du blastème se ramènent facilement à des modifications dans les conditions de développement des éléments de ce blastème.

Étudions maintenant la structure même du blastème, c'est-à-dire son protoplasme et ses noyaux dans leur constitution intime. Le protoplasme n'offre rien de bien spécial. Il est plus ou moins granuleux sans réseau propre apparent. Les granulations sont généralement très fines. Parfois elles sont peu apparentes, de sorte que le protoplasme a un aspect homogène. Quant aux noyaux ou germes parsemés dans son étendue, ils offrent des aspects assez différents. Tantôt le noyau paraît uniformément coloré par les colorants nucléaires tels que le carmin et l'hématoxyline. Le caryoplasme ou suc nucléaire prend une teinte foncée et uniforme sous leur influence; mais il y a au centre du noyau un grain brillant arrondi qui se colore d'une manière plus intense et forme une sorte de nucléole. On dirait que la nucléine est à l'état amorphe, diffus dans le suc nucléaire, et n'est à l'état de séparation et condensation que dans ce point central. La masse du noyau est réfringente et presque hyaline. C'est là une disposition que j'ai rencontrée assez souvent même sur les préparations les mieux fixées et qui me paraît se rattacher à un état très jeune du noyau et à la période de division active et de multiplication rapide (Pl. I, 6 fixée par la liqueur de Müller et le liquide acéto-chromi-

que de Flemming), (Pl. I, 9 fixée par la solution saturée de sublimé additionné de 20 °/₀ d'acide acétique).

Dans d'autres cas, le caryoplasme ou suc nucléaire ne se colore pas du tout par les colorants nucléaires ordinaires, et est finement granuleux ; mais il est parsemé de grains de nucléine réfringents et très colorés qui offrent une disposition sur laquelle je reviendrai. Cette forme m'a paru se rencontrer surtout chez les noyaux parvenus à un certain volume et à l'état pour ainsi dire de maturité qui va être pour eux le point de départ de divisions et de transformations en éléments cellulaires complets.

Entre ces deux dispositions extrêmes se trouvent toute une série de termes intermédiaires où l'on constate graduellement la décoloration du suc nucléaire (c'est-à-dire une moindre aptitude à se colorer) et une sorte de condensation et de ségrégation progressive de la nucléine qui se manifeste par l'apparition d'un nombre toujours croissant de grains colorables distincts.

Les grains de nucléine présentent dans le noyau des dispositions différentes qui sont plus ou moins accentuées.

La disposition la plus fréquente est celle de grains inégaux, les uns gros, les autres plus petits (Pl. I, 1, 2, 8, 12 ; Pl. II, 8, 14, 21, 22, 23). Ces grains sont répandus assez uniformément dans le suc nucléaire, qui lui-même se colore plus ou moins par les réactifs colorants. Quelques-uns des grains sont gros et centraux, ils attirent plus particulièrement l'attention. Il peut y en avoir un ou plusieurs dans le même noyau. Cet état est celui qu'a décrit et représenté Gilson (Pl. XI, 420), et dans lequel il reconnaît un élément nucléinien fragmenté. Il est difficile, dans ces cas où le caryoplasme se colore, de saisir nettement les relations de ces granules ou corpuscules entre eux, et de décider s'ils sont reliés entre eux par quelque disposition particulière.

On se rend mieux compte des relations qu'ils peuvent présenter dans les cas où la nucléine ou chromatine s'est entièrement condensée, précipitée, et où le suc nucléaire est devenu transparent et réfractaire aux colorants nucléaires. On aperçoit alors en effet les granulations d'une manière fort nette, et l'on peut se rendre

compte de leurs relations. Il y a alors des grains périphériques et des grains centraux.

Les grains périphériques forment une couche non continue appliquée contre la membrane nucléaire, les grains centraux sont agglomérés, et forment au centre du noyau des masses agrégées et irrégulièrement composées de grains assez gros. Ces masses sont plus ou moins nombreuses, mais il y en a ordinairement une ou deux; il peut y en avoir davantage (Pl. IV, 47, 62).

Dans mes préparations, pourtant très nombreuses, soit sur les coupes, soit sur les dissociations, il m'a été toujours impossible de trouver des indices évidents que ces grains et masses sont les résultats de la segmentation d'un filament nucléinien, et qu'ils sont reliés entre eux par les restes du boyau de ce filament. D'ailleurs ces fragments sont toujours composés de grains sphériques et n'offrent pas de traces d'étirement. Je ne puis donc me ranger sur ce point à l'opinion de Gilson, qui d'ailleurs n'a pas, plus que moi, trouvé des preuves de cette segmentation, et qui ne donne sa manière de voir que comme *probable* (pag. 128).

En prenant pour point de départ les observations qui précèdent nous devons considérer les masses nucléiniennes de ces noyaux comme indépendantes et comme formant des corps isolés. Mais l'examen des phases de la division acinétique de ces noyaux ou caryosténose peut permettre de reconnaître entre eux quelques relations qui sembleraient indiquer dans ces noyaux plutôt la disposition *réticulée* de l'élément chromatique que sa disposition filamenteuse.

L'étude que je vais faire du processus de multiplication des noyaux du blastème offre un réel intérêt; car elle révèle une série de modifications qui n'ont été ni décrites, ni soupçonnées.

Nous avons vu que Grobben n'a jamais vu se former dans les noyaux des fuseaux nucléaires. Carnoy[1], qui a fait de la cytodiérèse chez les Arthropodes une étude des plus approfondies et des plus minutieuses, dit avoir trouvé « des noyaux en voie de

[1] J.-B. Carnoy, *La cytodiérèse chez les Arthropodes*. Louvain, 1885, (*La cellule*).

segmentation binaire et normale dans le testicule de plusieurs Décapodes..... Les cellules des acini du testicule encore peu développé de l'*Astacus fluviatilis* présentent aussi des noyaux en voie de *division directe* ; cette division est souvent inégale, l'un des noyaux étant plus volumineux que son congénère. Quant au *processus* de cette division, il ne présente *rien de saillant*.»

J'ajoute encore que, dans une phrase qui me paraît s'appliquer en général à la division directe des noyaux testiculaires des Crustacés, Carnoy dit : « Notons encore que les noyaux pendant leur segmentation ne présentent *aucun changement notable* dans la forme ou la distribution des anses nucléiniennes.»

Gilson dans le mémoire déjà cité se borne à dire que les noyaux du plasmodium se multiplient toujours par sténose (division directe, acinétique), sans que jamais apparaisse une figure caryocinétique, dans *aucune des nombreuses espèces* qui ont fait le sujet de ses recherches. Il a observé tous les stades imaginables de la sténose nucléaire, et tous les intermédiaires entre le simple sillon à peine indiqué à la surface du noyau jusqu'au profond étranglement qui le divise en deux moitiés presque entièrement séparées.

On voit donc que les auteurs qui se sont le plus occupés spécialement de cette question délicate de la division directe des noyaux du blastème de remplacement des tubes testiculaires des Crustacés se sont bornés à constater le fait, sans signaler rien de saillant ou même de spécial dans le processus de ce phénomène. J'espère avoir été plus heureux, et pouvoir indiquer, dans cette segmentation, des processus dignes d'intérêt pour le rôle joué par la nucléine ou chromatine dans la division directe de certains noyaux.

Il va sans dire que l'étude que je vais exposer ne saurait reposer sur l'observation suivie et continue des phénomènes sur une cellule vivante. On sait que ce genre d'observation n'est possible que sur l'œuf ou chez les animaux microscopiques inférieurs qui peuvent vivre et poursuivre leur évolution sous l'objectif du microscope, ou sur certains membres ou régions saillantes des animaux, que l'on peut observer tout en maintenant leur union avec

l'organisme tout entier. Mais ici il s'agit d'éléments cellulaires situés dans les profondeurs des tissus, qu'on ne peut observer qu'après les avoir arrachés à leur milieu nutritif naturel, et chez lesquels on ne peut songer qu'à constater des états fixés soit par la mort, soit par l'action des réactifs. Ces conditions étant données, il appartient à la sagacité de l'observateur de noter avec soin les diverses formes qui se présentent à l'observation, de rapprocher les formes qui diffèrent le moins et qui semblent dériver les unes des autres, et d'apprécier l'ordre de succession des formes, en partant d'un point de début bien établi pour parvenir aux formes qui sont réellement le terme de l'évolution des processus. Dans le cas actuel, le point de départ ne saurait être douteux ; et il est bien le noyau à grains distincts et inégaux répandus çà et là dans un caryoplasme clair, tel que j'en ai donné des exemples. Le processus suivant sera représenté par des formes qui ne différeront de la première que par une modification d'abord légère que nous verrons s'accentuer de plus en plus pour devenir saillante dans les cellules où s'apercevra clairement un commencement de division. Celle-ci commencée, nous en suivrons toutes les phases depuis son état imparfait de début jusqu'à son état achevé et complet.

Prenons donc un noyau à l'état parfait, ayant atteint son développement ultime comme noyau du blastème, c'est-à-dire ayant des granules épars, les uns périphériques et les autres centraux noyés dans un blastème achromatique. La première modification qui apparaîtra sera une concentration plus accusée encore des masses centrales, (Pl. IV, 47, 62) et périphériques qui formeront de plus grosses masses composées de grains agrégés et entassés. Ces masses centrales m'ont paru dans certains cas présenter une disposition binaire vraiment frappante (Pl. IV, 62) et qui pourrait faire penser à une division binaire des nucléoles chromatiques.

J'ai retrouvé rarement des figures aussi frappantes que la fig. 62, Pl. IV; mais j'ai vu souvent par contre bien des noyaux où ces nucléoles étaient moins régulièrement disposés et en nombre impair. Je suis donc porté à penser qu'il s'agit là de masses

déjà concentrées et voisines, qui sont appelées à une fusion ultérieure qui accentuera encore la concentration. C'est ce que certains faits ultérieurs tendront à mieux établir.

Considérons maintenant la fig. 64, Pl. IV. Elle représente un grand noyau du blastème d'*Astacus* dans lequel la nucléine s'est condensée à la surface sous forme de grains assez gros, mais surtout au centre sous forme d'une masse nucléolaire centrale unique, étoilée et formée de grains agglomérés.

Ce qui nous frappe d'abord dans ce noyau vu avec l'objectif à immersion homogène 1/12 de Zeiss, et qui va se diviser, c'est la présence d'une seule masse centrale, et la formation autour d'elle d'une série de rayons très fins qui partent de sa surface. Ces rayons, indiqués sur la préparation par des traits extrêmement fins, sont clairement dessinés par la présence de granulations très fines de chromatine qui ont l'air d'être projetées par la masse nucléolaire. Ces grains paraissent suivre la trame d'un réseau, car quelques-uns de ses rayons se bifurquent visiblement. On dirait que le nucléole central se désagrège en très petits grains qui s'engagent dans des canalicules très fins résultant soit de la structure réticulée du caryoplasme, soit de la structure réticulée de l'élément nucléinien ou chromatique. D'ailleurs les grains périphériques subissent à leur tour des modifications semblables, et d'eux partent des rayons centripètes qui se bifurquent également et qui viennent s'anastomoser, se mettre en continuité avec les rayons centrifuges émanés du nucléole. Ces rayons centrifuges périphériques, peu accentués encore dans la fig. 64, Pl. IV, le sont bien mieux dans la fig. 35, Pl. V. Dans la fig. 64, Pl. VI, cependant, sur les deux points *x* et *y* de la périphérie on aperçoit les granules périphériques décomposés en fines granulations qui ont fui vers le centre et sont venues au-devant des granulations équivalentes provenant du nucléole central. Sur la fig. 65, Pl. IV, le grand noyau observé sur le même animal montre ces processus de décomposition et d'irradiation des nucléoles centraux et des grains périphériques. Ce processus continuant, il en résulte qu'à un moment donné les nucléoles et les grains périphériques ont à peu près

disparu, et que l'élément nucléinien ainsi *pulvérisé* s'est dispersé dans toute l'étendue du noyau qui présente sous les faibles grossissements une teinte très colorée à peu près uniforme, et un aspect homogène que les forts grossissements résolvent en une poussière de fins granules colorés de chromatine assez uniformément dispersés dans l'étendue du noyau C'est là ce que représentent les Pl. IV, 51, 54, 61 et surtout Pl. III, 17 B*a*, 18, 19 B*b'*, Pl. IV, 5, qui correspondent à cette phase de la division directe que je désigne comme phase de ***pulvérisation*** de la nucléine, et qui a succédé à une première phase d'***agglomération*** et de ***concentration***. On remarquera que dans cette phase de pulvérisation les gros grains de la périphérie ont été remplacés par une série de petits grains fins.

On remarquera aussi dans quelques-unes des figures ci-dessus que les gros grains de chromatine ne se sont pas entièrement pulvérisés, et qu'il en reste encore quelques-uns qui ne sont qu'imparfaitement désagrégés. C'est là l'état de beaucoup le plus fréquent, et qui pourrait donner à penser que les grains ne se pulvérisent pas entièrement, et que cette division totale ne se fait ordinairement que sur certains points de la cellule. Je ne pense pas qu'il faille adopter cette opinion, et je reviendrai sur la discussion de ce fait, quand j'aurai exposé les phénomènes subséquents qui doivent fournir des éléments à cette discussion.

La phase suivante de la division du noyau se présente très fréquemment et peut être bien observée. Voici en quoi elle consiste :

Sur des noyaux tels que Pl. IV, 5 *a*, *b*, *c*, *d*, 50, 53, 54, 56, 66; Pl. V, 23, 28, 32, on voit clairement que les grains fins ou poussière nucléaire se sont concentrés et circonscrits dans une certaine zone de la cellule, formant ainsi une sorte de ***voie lactée*** dans le sein du caryoplasme. Les régions situées des deux côtés de cette ***zone pulvérulente*** sont formées par un caryoplasme clair, dans lequel se trouvent des grains fins devenus plus rares et parfois de gros grains formés d'agglomérations ***plus ou moins*** compactes.

Dans la zone pulvérulente, on voit bientôt se dessiner sur la coupe du noyau deux séries parallèles et très rapprochées de grains d'abord très fins, difficiles à apercevoir au milieu de la zone pulvérulente (Pl. IV, 48, 49, 59, 60, 69; Pl. V, 1, 7, 11, 22, 24, 27, 28, 33). Ces séries, qui représentent deux plans parallèles, deviennent de plus en plus évidentes, parce que leurs granules grossissent, et parce que la poussière qui les environnait et les cachait a peu à peu disparu. Cette dernière s'est agglomérée soit pour former des masses nucléaires voisines, soit parce qu'elle s'est condensée et employée dans la formation des granules des couches parallèles. La double série de granules grossis se voit alors très nettement (Pl. IV, 55, 57, 58, 59. 67, 68; Pl. V, 4, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 26). Il faut remarquer que la formation de ces deux plans à grains de chromatine ne se fait pas généralement en même temps sur toute leur étendue, mais qu'elle commence par un côté du noyau pour s'étendre peu à peu dans toute l'étendue des plans.

Il est à remarquer aussi que la disparition de la zone pulvérulente accompagne fidèlement les progrès de la formation des deux plans nucléinés (Pl. IV, 48, 55, 57, 58, 60, 68, 69; Pl. V, 9, 12, 14, 17, 18, 20, 26). Nous venons de voir qu'en même temps que se produisait la zone pulvérulente par la contraction des fins granules voisins qui occupent une certaine zone, apparaissaient dans les compartiments du noyau des accumulations, des masses de gros grains de nucléine, au sujet desquels nous nous sommes déjà demandé s'ils étaient le résultat d'un processus récent d'agglomération ou s'ils n'étaient que d'anciennes masses que la pulvérisation et la dislocation n'avaient pas atteintes. Pour donner et appuyer notre avis, l'examen des préparations qui viennent de passer sous nos yeux était nécessaire. Je dois dire que leur analyse me paraît très favorable à une pulvérisation totale suivie d'une concentration et d'une agglomération.

Les Pl. IV, 3, 51, 54 ; Pl. V, 7, 15, 22, 23, 31, 32, nous montrent cette pulvérisation générale, car à peine quelques granules un peu gros s'y montrent-ils, et encore à l'état d'éparpillement et d'isolement. En outre les Pl. IV, 65; Pl. V, 22,

29, 30, 31, nous montrent clairement toutes les grosses masses atteintes par le mouvement de désagrégation et de projection centrifuge des fins granules. Dans les noyaux où la zone pulvérulente ou voie lactée vient de se former comme en Pl. IV, 53, 55, 56; Pl. V, 1, 17, 18, 20, les grosses masses n'ont pas encore atteint le degré de concentration, l'état massif qu'elles possèdent dans Pl. IV, 57, 68, 69; Pl. V, 9, 13, 14, 15, 26. Les grains y sont éparpillés, et s'il s'est formé déjà de gros granules, ils constituent des groupes plutôt que des masses compactes. Même dans les noyaux tels que Pl. IV, 57, 58, 59, 60, 67, 68, 69; Pl. V, 1, où les couches nucléiniennes sont déjà bien accentuées, les gros granules, dont l'adhérence réciproque constituera plus tard les masses compactes nucléiniennes, présentent encore des traces d'indépendance et d'isolement.

Par quelle voie se fait cette nouvelle concentration des gros granules pour constituer soit les grains des couches parallèles, soit les grains des masses nucléolaires ?

Il est permis de répondre qu'elle se fait par les mêmes voies qui ont servi à la dispersion de la nucléine pulvérisée. On trouve en effet, autour des masses nucléolaires en formation, des rayons plus ou moins bifurqués occupés par des granules de nucléine, et qui servent à ces derniers de voie et de passage pour venir aux lieux de concentration. Ces rayons se voient bien dans les Pl. IV, 56, 58, 59, 60, 67, 68; Pl. V, 2, 20, 26, 27, 28, 33. Il n'y a pas de raison pour considérer ces lignes rayonnantes et plus ou moins bifurquées, comme différant de celles que nous avons déjà observées au moment où se faisaient la dislocation, la pulvérisation et la dispersion des masses nucléiniennes. Il semble y avoir un réseau canaliculé que suivent les grains de nucléine dans leurs évolutions.

Ainsi donc, selon toutes les apparences, toutes les masses et tous les gros grains nucléiniens, c'est-à-dire toute la nucléine entrant dans la constitution du noyau, subit le travail de désagrégation, de pulvérisation et de dispersion, et s'il arrive qu'on rencontre assez rarement dans les préparations des noyaux où la pulvérisation soit générale, il faut penser que cela tient à ce que ce stade de la ca-

ryosténose est de très courte durée, et que les concentrations succèdent rapidement à cet état de pulvérisation générale et uniforme. On peut également penser que le travail de dispersion, aussi bien que celui de concentration et d'agglomération, ne se fait pas partout en même temps (ce que prouve suffisamment la formation localement progressive des couches nucléinées). et qu'il coexiste ainsi dans un même noyau, des lieux qui présentent des phases différentes de ce processus de sténose, pulvérisation et dispersion sur certains points, condensation et agglomération sur d'autres. Il me semble même que la condensation des masses nucléiniennes précède généralement celle des plaques ou couches nucléiniennes. C'est ce qu'indiquent bien les Pl. IV, 49, 50, 53, 55, 56, 60, 66, où les masses sont déjà bien indiquées et très avancées dans leur concentration, alors que les couches nucléiniennes ne peuvent encore se distinguer, quoiqu'elles soient peut-être ébauchées déjà au sein de la zone pulvérulente.

Ici se pose une question sur laquelle il me reste quelques doutes. Les deux plans nucléaires se forment-ils séparés dès le début? ou bien se forme-t-il d'abord une couche unique composée de gros grains de nucléine qui se segmentent ensuite en deux parts, et entrent dans la constitution des deux plans distincts? Certaines observations tendraient fort à me faire adopter cette dernière opinion, notamment les Pl. IV, 68, 69; Pl. V, 3, où sur une partie de la cloison qui se forme, il semble n'exister encore qu'une seule série formée d'assez gros grains et la Pl. V, 1 sur laquelle la double série est très courte, tandis que la série unique est très longue. Mais néanmoins j'incline vers l'idée de la formation de deux couches ou plans nucléinés distincts dès le début. Les raisons qui me font pencher de ce côté sont les suivantes: D'abord sur bien des noyaux où je n'avais d'abord cru n'apercevoir qu'une série de grains, un examen approfondi, et avec des grossissements suffisants, m'a montré qu'il y avait réellement deux séries très rapprochées ; en outre, deux séries de grains très fins au début sont difficiles à distinguer, parce qu'à cette phase de leur formation ils sont encore plus ou moins cachés et obscurcis par des restes de

la poussière nucléinienne ; et enfin il est fort possible (et je crois en effet qu'il en est ainsi) que les deux couches ne se forment pas toujours simultanément l'une précédant l'autre dans sa formation. Ce qui tendrait à me le faire penser, c'est que dans les noyaux tels que Pl. IV, 59, 60, 68, 69; Pl. V, 1, 3, sur le point où il n'y a encore qu'une couche nucléinienne formée, il existe toujours sur l'une ou l'autre des faces de la couche une quantité notable de poussière nucléinienne destinée à assurer la formation de la seconde couche.

Une disposition qui se rencontre assez fréquemment et qui pourrait être invoquée comme favorable à la double formation des couches nucléiniennes, c'est l'éloignement, la divergence de ces deux couches à l'une de leurs extrémités (Pl. IV. 55, 60; Pl. V, 14, 26); mais on peut aussi, il est vrai, considérer cette bifurcation comme consécutive, et comme la conséquence d'un clivage suivi d'un écartement exagéré.

La direction des couches nucléiniennes, quand la division est simplement binaire mérite d'attirer l'attention. Elle peut être plane et couper transversalement le noyau en deux parties égales ou inégales (Pl. IV, 49, 50; Pl. V, 2, 26); mais c'est là une disposition assez rare. La disposition de beaucoup la plus fréquente, et même très générale, est celle d'un plan plus ou moins courbe divisant obliquement le noyau. Cette courbe peut être simple (Pl. IV, 49, 67; Pl. V, 1, 13). Mais très souvent le plan coupe le noyau obliquement par rapport à son grand axe, et s'infléchit aux deux extrémités opposées en deux sens contraires de manière à donner à la coupe la figure d'un S (Pl. IV, 48, 55, 57, 59, 66; Pl. V, 26, 29). Il résulte de là que le noyau est divisé en deux moitiés fusiformes et allongées.

Une fois les deux couches nucléinées formées, et même avant qu'elles soient complètes, la division nucléaire s'accentue par l'apparition d'une échancrure ou d'un sillon peu prononcé à l'une ou aux deux extrémités des couches nucléiniennes. Ce sillon commence ordinairement par un côté et peut s'étendre successivement à tout le pourtour. Mais il est généralement très peu appa-

rent. Il peut s'accentuer progressivement, mais ordinairement il n'en est rien, et par suite d'un clivage qui se produit entre les deux couches nucléiniennes les deux cellules deviennent indépendantes. Mais il ne se fait en réalité aucun étranglement, et les deux noyaux restent largement accolés par leur face commune, pour ne se détacher que progressivement et par voie de clivage et non d'étranglement. Les noyaux filles devenus indépendants modifient leurs formes autant que le leur permet la compression exercée par les noyaux et les éléments voisins, spermatoblastes ou autres; leurs angles aigus correspondant au clivage s'arrondissent peu à peu, deviennent de plus en plus obtus, et la forme du noyau perd toute trace de son origine par voie de clivage. La couche nucléinienne appartenant à chacun des noyaux forme dorénavant une partie de sa surface. Quand vers leurs extrémités les deux couches nucléiniennes divergent considérablement comme en fig. (Pl. IV, 55, 60), la bande de caryoplasme comprise entre les deux branches de la bifurcation se résorbe bientôt, et la surface des deux noyaux encore unis offre une large gouttière ou dépression correspondant à la bande plasmatique disparue (Pl. IV, 60, 67, 68).

Tels sont les phénomènes qui accompagnent la division directe des noyaux du blastème testiculaire chez *Astacus fluviatilis* et chez *Pagurus striatus*. Je les ai étudiés particulièrement dans ces deux types à cause des dimensions considérables des noyaux, qui rendaient plus facile l'observation de ces phénomènes intimes d'une analyse peu aisée, puisqu'ils ont échappé à l'observation des micrographes les plus autorisés. Je les ai constatés également chez *Palaemon serratus*, Pl. IX, 89, 90.

Je n'ai pu parvenir à les saisir que sur les grands noyaux qui se présentent à la fin de la vie du blastème, c'est-à-dire au moment où vont apparaître dans ce dernier les spermatoblastes, cellules parfaites avec noyau et corps cellulaire protoplasmatique propre.

Quelques observations, qui ne sont pas encore assez nombreuses, me font présumer que ce processus de division directe des noyaux du blastème est très général chez les Crustacés décapodes.

Le faible volume des petits noyaux du début ne permet pas de saisir toutes les phases d'un processus aussi compliqué, mais on peut inférer d'observations qui ont laissé saisir quelques phases partielles du processus, que leur division directe est accompagnée de phénomènes semblables ou analogues à ceux que je viens de décrire.

Je viens d'exposer les phénomènes observés pendant la division binaire du noyau ; mais il arrive assez souvent qu'un noyau, ayant atteint un grand volume avant de se diviser, se subdivise simultanément en un nombre plus ou moins considérable de noyaux filles. Ces noyaux à segmentation multiple se trouvent généralement mêlés aux premiers spermatoblastes, ou protospermatoblastes, et sont clairsemés dans la couche de ces éléments cellulaires complets. Quand cette couche est en train de se constituer par un processus que nous étudierons plus tard par la transformation des noyaux du blastème, il arrive assez souvent que quelques-uns de ces noyaux, ayant atteint le volume normal pour cette transformation, ne se complètent pas par l'acquisition d'une couche de protoplasme propre, mais conservent leurs qualités de noyau du blastème et subissent la division.

Il n'est pas rare que cette division soit complexe, et que ce noyau se divise en un grand nombre de noyaux filles. Quoique dans ces cas l'observation des phénomènes intimes soit moins facile à cause de la complexité de l'objet, et de l'obscurité qui résulte de la multiplicité et de la superposition des plaques nucléiniennes, il est cependant possible de voir que les phénomènes présentent toujours la même marche. Il est d'ailleurs des cas relativement simples qui éclairent les cas plus compliqués. Ainsi la Pl. IV, 58, où le noyau se divise en trois filles seulement, permet une observation nette du processus. La Pl. IV, 55, pourrait représenter, quoique moins sûrement, une division en trois dans laquelle les plaques de gauche seraient plus avancées que celles de droite, qui seraient encore presque partout à l'état de zone pulvérulente ou de voie lactée. Les Pl. IV, 52; Pl. V, 36, nous présentent de grands noyaux divisés en un assez grand nombre de

noyaux filles, et dans lesquels l'état quiescent est en train de se rétablir par la condensation des granules nucléiniens. Cette condensation est attestée par la couronne de rayons granuleux qui entourent encore la masse nucléinienne centrale ou nucléole.

La division acinétique des noyaux du blastème testiculaire chez *Astacus* rappelle, à bien des égards, la plaque cellulaire que l'on observe dans la plasmodiérèse, ou dans la division de la portion plasmatique des cellules végétales qui sont en train de se diviser soit par voie directe ou acinétique, soit par voie indirecte ou cinétique.

Cette plaque s'observe d'ailleurs dans un assez grand nombre de cas chez les animaux ainsi que Strassburger le premier [1], Fol [2], Bütschli [3], E. Van Beneden [4], Mayzel [5], Schleicher [6], Strasser [7], Mark [8], B. Hertwig [9], Berthold [10], Flemming [11], en ont cité des exemples. Carnoy [12] en a trouvé de nombreux cas chez les Arthropodes soit dans la division directe, soit dans la division cinétique. Dans la division cinétique la plaque cellulaire se compose de deux parties: la plaque fusoriale ou nucléaire qui se trouve dans le fuseau et qui semble dériver surtout du suc nucléaire ou caryoplasme, et la plaque cytoplasmatique ou complétive qui correspond au protoplasme de la cellule. Dans la division acinétique la plaque nucléaire fait défaut, et ce n'est qu'après la division du noyau que peut apparaître dans le protoplasme une plaque cellulaire qui est par conséquent uniquement cytoplasmatique.

[1] Strassburger; *Zellbildung et Zelltheil.*, 1875. Trad. franç., par Kickx, 1876.

[2] Fol; *Étude sur le développement des Mollusques* (*Arch. de Zool. expérimentale*, IV, 1875.

[3] Bütschli; *Studien über die Entwickel.* 1876.

[4] E. Van Beneden; *Mémoire sur les Dicyémides* (*Bull. de l'Acad. royale de Belgique*, 1876). *Recherch. sur la mat. et la féc. de l'Ascaris-mégaloceph.* (*Arch. de Biol.*, 1883).

[5] Mayzel; *Gaz. lekarska*, 1876 et 1877.

[6] Schleicher; *Arch. f. mik. Anat.*, XVI, 1879.

[7] Strasser; *Morph. Jahr.*, V, 1879.

[8] Mark; *Zool. Anzeiger*, 1879.

[9] B. Hertwig; *Jenaïsche Zeitschr.* 1877.

[10] Berthold; *Mittheil. a. d. zool, Stat. z. Neapl.*, 1880.

[11] Flemming; *Archiv. f. mik. An.* 1880.

[12] Carnoy; *La Cytodierèse chez les Arthropodes*, 1885.

Il n'y a donc entre les faits observés jusqu'à présent et ceux que je viens de décrire qu'une ressemblance très éloignée, puisque l'on n'a pas encore observé de plaque nucléaire achromatique ou chromatique dans la division directe du noyau.

Quelle est d'ailleurs la nature de la cloison dont nous venons d'exposer le processus de formation dans les noyaux du blastème testiculaire des Crustacés décapodes ? Il y a un premier élément qui est évident, ce sont les *plaques nucléiniennes* formées par la réunion de deux plans parallèles de grains de chromatine. Mais entre ces plans n'y a-t-il pas quelque chose d'analogue à la plaque fusoriale de la caryocinèse? Peut-être une analogie complète ne saurait-elle être établie, s'il est vrai, comme le pensent Strasburger et Carnoy, que la plaque fusoriale soit le résultat du transport centripète et de l'accumulation d'une substance plastinienne renfermée dans les filaments creux du fuseau cinétique. Ici, en effet, rien n'a démontré dans le cas que j'étudie, l'existence d'un fuseau cinétique ou de quelque disposition qui le représente. Je dois dire cependant qu'entre les deux plaques nucléiniennes on distingue une couche incolore bien plus réfringente que le suc nucléaire et sur laquelle se fera certainement le clivage fûtur. Il y a donc là, à n'en pas douter, la formation d'une plaque due à la transformation de l'élément réticulé ou de l'élément plasmatique du caryoplasme ou des deux à la fois, plaque qui s'organise progressivement en membrane appelée à se cliver pour constituer les enveloppes des deux faces contiguës des deux noyaux. La constitution de cette plaque ou membrane caryoplasmatique me semble être sous l'influence des mouvements et des transformations de la nucléine, car elle n'apparaît que quand les plaques nucléiniennes se sont nettement dessinées. On peut se demander si elle peut être rigoureusement assimilée à la plaque fusoriale de la division par caryocinèse.

Si je résume le processus de division nucléaire que je viens d'analyser, nous voyons qu'il comprend :

1° Une phase de *condensation* et d'agrégation des grains de nucléine en masses plus compactes et plus volumineuses ;

2° Une phase de *dislocation*, de *pulvérisation* et de *dispersion* des masses nucléiniennes soit centrales, soit périphériques, pour aboutir à l'établissement de l'*état pulvérulent général* du noyau. C'est proprement la phase de *pulvérisation* de la nucléine ;

3° Une phase de *concentration* d'une partie importante de la poussière nucléinienne ou une *zone pulvérulente* ou *voie lactée nucléinienne*, le reste se portant vers la surface du noyau, ou dans l'intérieur du suc nucléaire pour former plus tard des masses nucléiniennes. C'est la phase de la *zone pulvérulente* ou *voie lactée nucléinienne;*

4° Une phase de *condensation et de concentration* de la zone pulvérulente en *deux couches nucléiniennes parallèles*.

En même temps il y a agglomération et condensation des fins granules qui n'entrent pas dans la zone pulvérulente, en grains plus gros qui se réunissent pour former les masses nucléolaires centrales et les grains périphériques.

En même temps aussi il y a formation d'une *plaque caryoplastique* intermédiaire à ces deux couches. Phase de *formation des couches nucléiniennes, des masses nucléaires* et de la *plaque caryoplasmatique* intermédiaire.

5° Enfin une phase de *clivage de la plaque caryoplasmatique* et de retour à l'état quiescent par l'achèvement de la concentration des grains de nucléine. C'est la phase de *clivage* et de retour à l'état quiescent.

Ce mode de division des noyaux du blastème testiculaire des Crustacés décapodes, je propose de le désigner sous le nom de *Division directe* du noyau par voie de *pulvérisation nucléinienne*. Il me parait assez remarquable et assez particulier, pour que je cherche ici quelles sont les différences et les ressemblances qu'il présente avec les modes de division soit directe, soit indirecte du noyau déjà connus, et pour que je m'efforce d'établir ses affinités.

Sommes-nous en présence d'une forme de la division directe ou de la division indirecte du noyau ? Telle est la question que nous allons discuter. Au premier abord la réponse paraît facile, et il est naturel qu'on songe immédiatement à une division directe. C'est

en effet ce qu'ont fait Grobben, Carnoy, Gilson, et moi-même dans ma première publication.

On n'aperçoit pas en effet de figure cinétique ; la membrane nucléaire n'est pas détruite, ne disparait pas ; couronnes équatoriales et polaires, fuseau, font réellement défaut, ce qui est déjà très significatif; et en outre la forme générale de la séparation, c'est-à-dire le clivage du noyau sans allongement, sans étirage et sans étranglement viennent compléter un ensemble de conditions qui appartiennent à la division directe et acinétique, et non à la division indirecte ou cinétique. On peut donc dire que, en n'envisageant que la forme générale de la division et sans pénétrer dans l'intimité des processus, on est réellement en présence d'une division directe.

Mais d'un autre côté, si l'on se livre au travail d'analyse dont je viens d'exposer les résultats, si l'on considère les mouvements de l'élément nucléinien que nous avons constatés, il peut naître dans l'esprit quelques scrupules à ne pas reconnaître des affinités réelles entre ce processus de division et le processus cinétique.

En somme, le processus de division cinétique, considéré dans ses grands traits et abstraction faite des variations dans les détails, se résume *pour ce qui a trait au noyau*, en mouvements de l'élément nucléinien, et en mouvements du suc nucléaire et de la membrane nucléaire.

Les mouvements nucléiniens de la cinèse se résument surtout dans: *a* l'épaississement et la concentration sous forme pelotonnée du cordon ou du réseau nucléinien, *b* la division transversale et longitudinale du cordon ou boyau nucléinien en tronçons ou bâtonnets, *c* la concentration et la disposition de ces derniers en plaque équatoriale, *d* la division de la plaque équatoriale en deux couches qui s'organisent séparément et s'éloignent l'une de l'autre pour former les plaques polaires, *e* la reconstitution des deux noyaux filles par la soudure et la condensation des fragments nucléiniens séparés.

Quant aux mouvements du caryoplasme, ils se résument dans la formation du fuseau achromatique, parfois de la plaque fusoriale qui aboutit au clivage du fuseau, et dans la disparition de la membrane.

Maintenant si nous reprenons, pour les comparer à ces phases

de la caryocinèse, les phases de la division nucléaire que nous avons étudiée dans les noyaux du blastème testiculaire de quelques Décapodes, nous trouverons, me semble-t-il, quelques analogies à établir.

a. L'épaississement et la concentration sous forme pelotonnée de l'élément nucléinien pourraient se retrouver dans la phase de condensation et d'agrégation des grains de nucléine en masses plus compactes et plus volumineuses.

b. La phase de division transversale et longitudinale du boyau nucléinien en tronçons ou bâtonnets pourrait être comparée à la phase de dislocation et de pulvérisation de la nucléine. Dans l'un et l'autre cas, en effet, les fragments nucléiniens se dispersent dans l'étendue du noyau.

c. La phase de concentration et de disposition des tronçons ou bâtonnets en couronne ou plaque équatoriale me semble correspondre assez exactement à la phase de formation de la *zone pulvérulente* ou *voie lactée nucléinienne*.

d. La division de la plaque équatoriale en plaques polaires et la reconstitution des noyaux par la soudure et la condensation des éléments nucléiniens séparés, me paraissent présenter des analogies non douteuses avec la formation des deux couches nucléiniennes parallèles au sein et aux dépens de la zone pulvérulente, et avec la formation des masses nucléolaires, et des grains périphériques.

En somme, il y a dans l'un comme dans l'autre cas, division et séparation en deux parts de l'élément nucléinien *segmenté*, *fragmenté*, et sa reconstitution à l'état statique par la fusion et la condensation dans les deux centres nouveaux des éléments fragmentés et plus ou moins épars.

e. La plaque *fusoriale* que l'on remarque dans certaines caryocinèses se retrouverait ici dans la plaque cytoplasmatique réfringente qui se remarque entre les deux plaques ou couches nucléiniennes. Dans l'un et dans l'autre cas, il y a ainsi clivage de la plaque fusoriale.

Tels seraient les rapprochements possibles à établir entre les deux modes de division; et, s'ils étaient rationnellement établis, il en faudrait conclure que la division des noyaux du blastème

nucléinien se rapprocherait peut-être plus de la division cinétique que de la division directe. Mais d'ailleurs, en supposant que les rapprochements que je viens d'établir entre les faits généraux du processus dans les deux cas ne fussent pas justifiés, il n'en resterait pas moins vrai que le mode de division que j'ai décrit, se trouve avoir avec la cinèse des points de contact dignes de remarque.

Dans l'un et dans l'autre cas en effet la division est surtout caractérisée par des mouvements de l'élément nucléinien, tels que concentrations, dislocations, fragmentations, et reconcentrations pour la reconstitution des nouveaux noyaux.

Il ne faut pas cependant oublier qu'il y a entre la caryocinèse proprement dite et prise dans sa forme typique, des processus et des détails d'exécution qui semblent faire entièrement défaut dans la division par voie de pulvérisation nucléinienne.

Le fuseau achromatique ou plasmo-caryoplasmatique y fait entièrement défaut, la membrane nucléaire ne disparait pas, et l'on ne peut y reconnaître ces figures symétriques et régulières, cette disposition si remarquable des lignes, ces orientations vraiment frappantes qui font de la caryocinèse un des phénomènes les plus remarquablement pittoresques de l'histologie[1].

Mais ce défaut d'identité n'est pas capable de discréditer les rapprochements et les assimilations. La caryocinèse est loin de se présenter toujours avec ce cortège de mouvements et de transformations dignes du miniaturiste, et qui sont si propres a exciter l'admiration. Il y a des formes dégradées et inférieures de la caryocinèse, formes cependant authentiques, auxquelles manquent bien des phases de ce merveilleux processus, et où, pour ainsi dire, l'élégante complexité des phénomènes à été singulièrement réduite.

Carnoy[2] a cité, chez les Décapodes, quelques exemples de caryocinèse, où ce dernier processus avait perdu de ses caractères

[1] J'aurai plus loin, et à propos de la formation des protospermatoblastes, l'occasion de rechercher quelle peut être la cause de ces différences dans la forme du processus.

[2] Carnoy; *De la Cytodiérèse chez les Arthropodes*, pag. 316 et 317, 1885.

pour se rapprocher de la division directe; et cela, à une période avancée de la spermatogenèse, alors que les cellules-mères (métrocytes, spermatoblastes) sont éloignées de leur souche primitive, ou s'approchent du moment de la formation des spermatozoïdes.

Dans la fig. 234 *a*, *b*, *c* et 245 *a*, *b*, *c*, *d* de son mémoire sont représentées des cellules mères de *Dromia vulgaris* et de *Pagurus callidus*, où l'élément nucléinien se masse en une couronne ou plaque équatoriale dans laquelle le *filament nucléinien est très peu distinct*, et où la membrane nucléaire est conservée. Il n'y a ni fuseau, ni asters. La couronne équatoriale se scinde en deux portions ou plaques parallèles de même apparence. Pour Carnoy, cette scission semble se faire par un *étranglement* analogue à celui de la division directe; car, il n'est pas rare de voir les deux moitiés demeurer unies pendant quelque temps par un pédicule qui s'étire de plus en plus.

J'ai moi-même observé *très fréquemment* ces formes inférieures de la caryocinèse, et je désire en dire quelques mots, car je me suis passablement appliqué à leur analyse.

Mes observations très multipliées m'ont conduit à des résultats intéressants qui auront pour effet de démontrer des formes de transition assez multipliées entre la caryocinèse proprement dite et la division par *pulvérisation* de l'élément nucléinien. Mais cette exposition, qui demandera quelque détail, me paraît devoir mieux trouver sa place avec l'étude des spermatoblastes ou proto-spermatoblastes. En faisant cette étude je m'arrêterai sur les divers modes de division que j'ai observés, et j'espère apporter quelques faits nouveaux. Pour le moment, je me borne à constater que les faits par moi observés viennent à l'appui de l'opinion émise par Johow, Schmitz, Strasburger, Pfitzner, Carnoy, que la division cinétique et la division acinétique ne sont pas des processus absolument différents, mais des modifications d'un même processus reliées entre elles par des transitions graduelles. Les faits ultérieurement présentés par moi tendront encore à mieux l'établir; et je conclurai avec Carnoy que: « Plus on interrogera la nature,

plus on trouvera que la caryocinèse n'a rien d'immuable, mais qu'elle descend par des degrés insensibles jusqu'à se rencontrer avec la division acinétique ».

Je devrais compléter cette étude des noyaux du blastème en discutant la question de leur origine, c'est-à-dire en répondant à la question : D'où proviennent les noyaux du blastème? Mais je dois renoncer pour le moment à cette discussion et la renvoyer à plus tard. Les considérations que j'ai à présenter à ce sujet ne peuvent trouver leur place qu'après que j'aurai parlé des protospermatoblastes ou spermatoblastes de Grobben ; et le lecteur verra en effet que la question de l'origine des spermatoblastes et celle de l'origine des noyaux du blastème doivent être abordées simultanément, pour éviter des redites, et afin de pouvoir envisager avec fruit toutes les faces du sujet, tous les côtés de la question.

RÉSUMÉ DU CHAPITRE PREMIER.

Les cellules du blastème ou *germes de remplacement* destinés à remplacer les éléments testiculaires qui se sont transformés en spermatozoïdes, sont des noyaux contenus dans une masse commune et indivise de protoplasme. Ils constituent des groupes plus ou moins importants.

Dans ces noyaux, la nucléine présente des dispositions qui varient. Tantôt elle se présente à l'état diffus, tantôt sous forme de grains de volumes variables et dispersés en réseaux.

Les noyaux du blastème se multiplient par division directe, suivant un processus remarquable qui comprend plusieurs phases : 1° phase de condensation de la nucléine; 2° phase de dislocation, de pulvérisation et de dispersion ; 3° phase de concentration pour former une zone pulvérulente ou voie lactée; 4° phase de condensation et de concentration de la zone pulvérulente en deux couches nucléiniennes parallèles, avec formation d'une plaque caryoplasmatique intermédiaire; 5° enfin phase de clivage de cette plaque, et de retour à l'état quiescent des noyaux filles. C'est là la division directe par voie de *pulvérisation* nucléinienne.

Ce mode de division peut être rapproché de la division indirecte ou par cinèse du noyau. Dans l'un et dans l'autre cas, la division est surtout caractérisée par des mouvements de l'appareil nucléinien, tels que concentrations, dislocations, fragmentations, et reconcentrations pour la reconstitution des nouveaux noyaux.

CHAPITRE II.

DES SPERMATOBLASTES

§ 1. — FORME, DIMENSIONS, STRUCTURE

Je ne m'étendrai pas trop longtemps sur les spermatoblastes, mais je dois cependant leur accorder une certaine attention, soit parce qu'ils m'ont paru présenter des particularités qui n'avaient pas été vues, ou auxquelles on n'avait accordé qu'une faible attention, soit parce que j'ai le devoir d'expliquer l'origine de certaines opinions erronées émises par moi, et de faire connaître les apparences qui y avaient donné lieu.

Je donne avec Ebner-Newmann, avec Grobben, le nom de spermatoblastes à des cellules parfaites, pourvues d'un noyau et d'une zone propre de protoplasme, ayant des dimensions variées, qui se trouvent à un moment donné dans les acini du testicule des Décapodes, et qui précèdent dans ces parties l'apparition des spermatozoïdes.

On reconnaît facilement que ces spermatoblastes présentent deux dimensions bien différentes, les uns étant volumineux, les autres ayant un diamètre moitié moindre environ. Généralement toutes les cellules d'un même groupe présentent le même volume, étant toutes ou volumineuses ou petites ; cependant, il arrive assez fréquemment que parmi de petites cellules s'en trouvent quelques-unes de grandes dimensions, ce qui s'expliquera très clairement dans la suite de cette étude.

Hallez[1] a considéré les spermatoblastes comme des cellules épi-

[1] Hallez ; *Note sur le développement des spermatozoïdes des Décapodes brach.* (Comptes rendus de l'Institut, 27 juillet. 1874.

théliales, et distingué les grandes cellules comme *cellules mères* et les petites comme *cellules filles*.

Grobben [1] désigne les *grandes cellules* comme *spermatoblastes* et les petites comme *cellules séminales* (Samenzellen), parce que chacune d'elles se transforme en spermatozoïde.

Hermann [2] appelle *ovules mâles* les grandes cellules et *spermatoblastes* les petites cellules, « dont chacune donnera naissance à un spermatozoïde ».

Nussbaum [3] désigne avec la Vallette Saint-Georges les grandes cellules comme *spermatogonies* et les petites comme *spermatocytes*, dont la dernière génération sera composée de *spermatides* qui se tranformeront en spermatozoïdes.

Gilson [4] appelle les grandes cellules *Métrocytes de première grandeur* et les petites *Petites métrocytes* ou *cellules spermatiques*, qui deviendront des spermatozoïdes.

De mon côté [5], j'ai appelé les grandes cellules *protospermatoblastes*, parce qu'elles apparaissaient les premières, et les petites devant former directement les spermatozoïdes *deutospermatoblastes*, parce que leur apparition n'était qu'ultérieure et qu'elles descendaient des protospermatoblastes.

Je résume dans le tableau suivant la synonymie de ces appellations trop variées :

[1] Grobben ; *loc. cit.*, 1878.

[2] Hermann ; *Sur la spermatogenèse des Crust. podophtalmes, spécialement des Décapodes* (Comptes rendus de l'Institut, 29 oct. 1883).

[3] Nussbaum Moritz ; *Ueber die Veränderungen der Geschlechts-producte bis zur Eifurchung.*, etc., *Arch. f. mikrosc Anat.*, 1884.

[4] Gilson, *loc. cit.* (Mémoire déposé le 1er mai 1886).

[5] Sabatier ; *Sur la spermatogenèse des Crustacés décapodes* (Comptes rendus de l'Institut, 9 février 1885).

HALLEZ	GROBBEN	ROBIN HERMANN	LAVALETTE St-GEORGES NUSSBAUM	GILSON	SABATIER
Cellules mères	Spermatoblastes	Ovules mâles	Spermatogonies	Grandes métrocytes	Protospermatoblastes
Cellules filles	Cellules séminales	Spermatoblastes	Spermatocytes	Petites métrocytes ou cellules spermatiques	Deutospermatoblastes
			Spermatides		
Spermatozoïdes	Spermatozoïdes	Spermatozoïdes	Spermatozoïdes	Spermatozoïdes	Spermatozoïdes

Grobben s'est peu arrêté sur l'étude des spermatoblastes considérés en eux-mêmes. Il se borne à en parler comme de cellules « qui se distinguent par leur gros volume et la présence d'un gros noyau rond » (*loc. cit.*, pag. 13). Quant au noyau, Grobben représente son contenu sous deux aspects différents. Dans l'un des cas la substance nucléaire ou nucléine est composée de grains isolés, de volumes un peu variés, et disséminés assez uniformément dans l'étendue du noyau. Cette disposition se remarque surtout dans les spermatoblastes encore jeunes, du moins chez *Astacus*. Mais dans les gros spermatoblastes d'*Astacus* arrivés à l'état de maturité, et avant la division, la substance nucléaire est représentée comme disposée sous forme de radiations s'entrecoupant irrégulièrement dans toutes les directions, dans l'intérieur du noyau.

Nussbaum (*loc. cit.*, pag. 203) ne parle pas de l'état quiescent des noyaux. Il remarque également qu'au début du processus de division, les filaments chromatinés du noyau sont pliés à angles et non courbés en arcs comme chez d'autres animaux; et on y reconnaît facilement des grains isolés, dès qu'on a isolé les filaments.

Carnoy[1] a observé comme Nussbaum chez *Astacus* que, avant la caryocinèse, le boyau du noyau au repos, irrégulier et bosselé, présente des anses qui au lieu d'être courbes *paraissent* anguleuses. Mais pour lui cette disposition est plus apparente que réelle ; en observant le noyau avec un objectif à grande ouverture, et en faisant varier le point, on s'aperçoit que les filaments qui traversent le champ nucléaire en ligne droite dans différentes directions ne se coupent pas en réalité parce qu'ils sont dans des plans différents, les uns étant à la surface et les autres dans l'intérieur de la cavité nucléaire. Carnoy a cependant figuré (fig. 235) chez *Pagurus Bernhardus* une cellule testiculaire dont le noyau présente l'apparence d'un réticulum des plus nets, ce qui ne l'empêche pas de considérer le boyau nucléinien comme continu.

Gilson[2] distingue dans les premières métrocytes des modifications de l'élément nucléinien. Au début, la nucléine est à l'état

[1] Carnoy ; *La Cytodiérèse chez les Arthropodes* avril 1885.
[2] Gilson ; *loc. cit.*

fragmenté, comme elle l'était dans les noyaux alors qu'ils n'étaient encore que des noyaux du plasmodium. Mais tôt ou tard ces noyaux constituent leur élément nucléinien à l'état filamenteux bien évident. Gilson fait remarquer que, si cette modification tarde à se produire, les noyaux peuvent encore se multiplier par sténose (division directe).

Quant à la manière dont se fait le passage d'une forme à l'autre de l'élément nucléinien, l'auteur confesse son ignorance, et se borne à représenter quelques stades intermédiaires dans lesquels des fragments nucléiniens et des tronçons plus ou moins longs sont réunis par des cordons plus minces et incolores, dont il ignore la nature. Dans tous les cas, cette transformation de l'élément nucléinien suit de plus ou moins près la genèse des premières métrocytes aux dépens du plasmodium. Elle peut être précoce, mais elle est le plus souvent tardive ; car les grandes métrocytes renferment très souvent, même en juillet, un noyau à nucléine fragmentée, comme dans les noyaux plasmodiques. Il n'est pas très rare d'observer dans les cellules de ce genre un noyau étranglé, c'est-à-dire en état de division directe, par sténose.

Mes propres observations sont entièrement conformes à celles de Gilson, en ce sens que l'élément nucléinien présente dans les jeunes spermatoblastes la même forme que dans les noyaux du blastème, pour se modifier plus tard et prendre un aspect différent. Mais il y a cette différence entre nous, que je considère ce que Gilson appelle l'état fragmenté de l'élément nucléinien comme un état réticulé. J'ai en effet démontré à propos des noyaux du blastème, que la chromatine s'y trouvait sous la forme d'un réseau, dont les filaments se réunissaient dans des nœuds plus ou moins volumineux, qui correspondaient aux fragments de Gilson. Ces nœuds sont en effet réunis le plus souvent entre eux par des filaments parfois très fins et incolores renfermant çà et là des granulations de chromatine, qui, plus grosses au voisinage des nœuds, décroissent dans les filaments, ce qui donne parfois aux nœuds un aspect étoilé très évident. On retrouve cet aspect très nettement en fig. Pl. II, 8, 15, 16, 21 ; Pl. X, 70.

Dans certains cas, il est vrai, les filaments intermédiaires aux nœuds sont dépourvus presque entièrement de grains chromatinés, ce qui rend très difficile leur observation; et alors, avec des grossissements ordinaires, la nucléine a réellement l'aspect de grains épars, inégaux, répandus çà et là dans le noyau, isolés et sans lien entre eux. Mais presque toujours dans des préparations convenablement fixées, et avec des objectifs suffisamment puissants, on parvient à saisir la présence de filaments très délicats reliant les grains chromatinés et indiqués par des grains extrêmement fins de nucléine. Je dis donc que dans les spermatoblastes jeunes, aussi bien que dans les noyaux du blastème, la chromatine ou nucléine se présente sous forme d'un réseau à nœuds plus ou moins volumineux, et que ce réseau est constitué par des filaments incolores dans lesquels la chromatine est à l'état de fines granulations plus ou moins accumulées ou clair-semées.

J'ai examiné, comme Carnoy, ces noyaux avec des objectifs à grand angle d'ouverture, et j'ai clairement vu que la forme réticulée de l'élément nucléinien n'était pas une apparence, mais bien une réalité, et que les filaments se rencontrent bien réellement au niveau des nœuds d'où ils partent comme des rayons.

Mais, par contre, mon opinion se concilie bien plutôt avec celles de Grobben et de Nussbaum, qui voient le filament nucléinien décri vant des angles et non des courbes. Seulement ces derniers n'ont pas constaté le réseau, mais en ont seulement saisi quelques éléments angulaires. Ces éléments angulaires ne sont en définitive que deux rayons plus visibles d'un centre étoilé.

Il est une forme de l'élément nucléinien qui diffère peu de la précédente, et qui consiste aussi en un réseau. Je ne la trouve décrite dans aucun des auteurs que j'ai consultés, et cependant j'ai eu quelquefois l'occasion de la rencontrer ; et dans ces cas elle était générale dans tous les spermatoblastes du même âge chez le même sujet. Elle consiste dans la présence au sein du noyau d'un réseau à mailles assez égales et sans nœuds apparents (Pl. I, 12; Pl. II, 9, 10, 11 ; Pl. IV, 36: Pl. V, 106; Pl. VI, 30). C'est la forme réticulée sans nœuds; le réseau est formé par des séries de grains

très fins, qui sont soit sur une seule ligne (Pl. I, 12; Pl. II, 10), soit parfois un peu accumulés en traînées (Pl. VI, 30).

Il semble que les grains chromatinés soient situés dans le réticulum du caryoplasme. Le liquide contenu dans les mailles du réseau est clair, transparent, à granulations *très fines* incolores. Il m'a semblé que cette forme réticulée de la chromatine se rencontrait surtout chez les spermatoblastes pourvus d'une zone encore mince de protoplasme. J'ajoute qu'elle n'est qu'une modification de la forme réticulée décrite en premier lieu, car on trouve, parmi ces cellules à réticulum sans nœuds, des cellules, où, la forme égale et quasi régulière du réticulum étant conservée, il s'est cependant formé aux points de rencontre des cordons, des accumulations de granulations qui représentent les nœuds de la première forme (Pl. IV, 37, 38, 41). Néanmoins les deux types restent distincts par l'aspect général, le premier réticulum étant formé de mailles très inégales, petites, très multipliées, et à rayons peu visibles parfois, le second étant composé de mailles larges, régulières, égales, peu nombreuses.

A la forme *réticulée* de l'élément nucléinien, que l'on a prise à tort pour une forme fragmentée, succède, sur les spermatoblastes arrivés à la période de maturité, une forme *radiée* extrêmement élégante et remarquable.

Cette forme du noyau se remarque ordinairement chez les spermatoblastes devenus volumineux, et qui sont près de la période de division et de multiplication ; mais elle se rencontre aussi dans des cellules où la zone protoplasmique s'est peu développée. Carnoy la considère comme une phase de la cinèse ; je ne partage pas cette opinion, et je donnerai mes raisons, après avoir décrit la forme nucléaire dont il s'agit. Elle consiste en ceci que, dans le noyau généralement volumineux et sphérique, les grains de chromatine sont disposés suivant des rayons allant de la périphérie au centre, et constituent des cordons moniliformes dans lesquels généralement le volume des grains décroît de la périphérie vers le centre (Pl. II, 12; Pl. III, 10, 11, 16: Pl. IV, 15, 18, 31, 35; Pl. VI, 21). Cette forme se présente souvent avec une régularité de disposition

vraiment remarquable, et donne au noyau un aspect très élégant. Mais on peut rencontrer des formes intermédiaires entre la forme réticulée et la forme radiée. Elles consistent (Pl. III, 12, 13; Pl. IV, 14; Pl. X, 68) en ceci que les cordons moniliformes commencent à présenter *partiellement* une orientation irradiée, mais conservent partiellement des anastomoses et des conjonctions rappelant la forme réticulée. C'est à cette forme intermédiaire que doit être rapportée la fig. 54 *b* de Nussbaum[1]. On dirait que dans le passage d'une forme à l'autre, le réticulum du plasma nucléaire, dans lequel sont insérés les grains de chromatine ou les cordons chromatinés, s'est disposé sous forme irradiée, et a peu à peu imposé aux éléments réticulés des cordons chromatinés une orientation semblable à la sienne.

On peut se demander si ces rayons sont indépendants les uns des autres ou s'ils forment, au centre et à la périphérie, des anses qui établissent leur continuité. Je confesse ne pouvoir trancher cette question, car les cordons ou filaments peuvent exister et rester latents et imperceptibles par suite de l'absence de grains chromatinés pour jalonner leur parcours. Les rayons perdent en effet ces grains vers la partie centrale, et parfois même à une distance assez marquée du centre (Pl. IV, 18, 20; Pl. V, 42, 43). Dans d'autres cas, les granulations qui jalonnent les rayons décroissent vers le centre; mais là se trouve une petite accumulation de grains assez gros qui semblent occuper le centre du noyau (Pl. V, 35).

Dans d'autres cas enfin, au centre du noyau existe cette accumulation de grains assez gros; et c'est de sa périphérie que divergent vers la surface les rayons à grains de chromatine qui, cette fois, vont en s'atténuant du centre à la périphérie (Pl. IV, 19). A côté de cette disposition rayonnée, on en observe d'autres qui sont non moins remarquables, et qui consistent en ce que les grains chromatinés semblent disposés vers la surface du noyau sous forme de méridiens (Pl. IV, 11, 32; Pl. VI, 35, 36).

On pourrait au premier abord considérer les formes irradiées

[1] Nussbaum; *Ueber die Veränderungen der Geschlechtsproducte*, etc. (*Arch. f. mikr. Anat.*, XXIII).

décrites en premier lieu comme la vue de face de l'un des pôles de cette disposition à méridiens. Mais il m'a semblé que ce n'était là qu'une apparence, attendu que dans les dissociations (Pl. IV, 18, 19, 20; Pl. V, 104, 105, Pl. VI, 21) la forme rayonnée était toujours visible, quelle que fût la situation de la cellule. On avait beau la faire rouler, on lui retrouvait toujours cet aspect irradié : ce qui n'eût pas eu lieu si la forme radiée et la forme à méridiens eussent été des aspects différents d'une même forme.

D'ailleurs, on voit quelquefois sur des coupes toutes les cellules de la même génération présenter la forme irradiée, sans qu'il soit possible d'en retrouver une au milieu d'elles qui rappelle la forme à méridiens (Pl. II, 12), ce qui ne pourrait se concevoir, à moins de supposer que toutes ces cellules ont une orientation identique. D'autres fois, au contraire, les deux formes nucléaires se retrouvent dans la même préparation, et c'est ce que montre la Pl. VI, 8, qui provient du Homard.

Il faut d'ailleurs remarquer que, dans les formes à méridiens, il en est où les cordons moniliformes semblent plutôt disposés suivant des parallèles qui ne convergent pas vers des pôles, et qui par conséquent ne pourraient être ramenés au point de vue optique à la forme irradiée (Pl. III, 12; Pl. VI, 35, 36). Ajoutons aussi que les formes à méridiens ne présentent pas dans les volumes relatifs des grains de nucléine, des proportions qui rappellent les grains décroissant régulièrement des formes irradiées.

Enfin il est une troisième forme qui m'a frappé chez quelques sujets et que je dois aussi signaler. Elle consiste en ceci que les noyaux semblent pénétrés de la surface au centre par des *cônes* courbes ou petites cornes à base périphérique et à sommet dirigé vers le centre. La Pl. IV, 44, 45, 46, qui représente cette disposition, provient d'un testicule d'*Astacus* du 21 juillet, traité par l'acide acétique à 3 °/₀, dissocié et coloré par le vert méthyle acétique. Ces cornicules, vivement colorées par le vert méthyle, s'observaient fort bien.

On les voyait également bien dans une préparation d'un autre *Astacus* fixée par la solution aqueuse saturée de bichlorure de

mercure, colorée par l'hématoxyline et débitée en coupes au 1/100 de millim. et observées dans la glycérine (Pl. VI, 37).

Cette forme de noyau me paraît n'être qu'une modification de la forme irradiée, dans laquelle les grains de chromatine pressés dans les rayons ne sont plus distincts, de telle sorte que l'aspect moniliforme des rayons est remplacé par la forme massive corniculée. J'ai pu en observant ces noyaux avec les objectifs apochromatiques et les oculaires compensateurs, m'assurer que les bases ou grosses extrémités externes des cornicules, qui apparaissent comme des points brillants et saillants à la surface du noyau, restent isolées et ne se déplacent pas quand on fait varier la mise au point de l'objectif; il est évident par là que ces bases ou grosses extrémités ne correspondent pas à des anses qui réuniraient des cônes voisins à la surface du noyau. Les extrémités aiguës et internes de ces cônes m'ont aussi paru indépendantes et non réunies par des anses, d'où résulterait que les filaments ou cordons nucléaires ne sont pas continus, mais forment alors des tronçons indépendants.

Il est encore quelques formes nucléaires dont je veux dire quelques mots.

C'est ainsi que j'ai rencontré assez souvent chez *Pagurus striatus* dans les spermatoblastes à couche mince de protoplasme une forme nucléaire qui donne aux cellules l'aspect présenté (Pl. III, 1) et dans lequel la chromatine est condensée en une espèce d'étoile à branches de nombre variable, qui se bifurquent parfois elles-mêmes. Le protoplasme à grosses granulations se colore assez facilement par le carmin, donne aux cellules dissociées l'aspect représenté (Pl. III, 3; Pl. VI, 6). Il masque la membrane limitante du noyau, si bien que la cellule ressemble assez bien à un noyau divisé par des cloisons, qui rayonnent d'une masse centrale ; mais sur les coupes fines on peut se rendre compte des relations des parties, et reconnaître au dedans d'une mince couche de protoplasme granuleux (Pl. III, 2) un gros noyau, dans lequel s'étale une étoile de nucléine à plusieurs rayons très déliés. Mais c'est là une disposition qui s'observe surtout chez les spermatoblastes

encore jeunes, et qui peut bien être un reste de la forme réticulée de la nucléine dans les noyaux blastématiques d'où les spermatoblastes ont tiré leur origine.

Quelques-unes des formes que nous venons d'examiner peuvent-elles être considérées comme représentant des phases de la cinèse, ou sont-elles des états quiescents du noyau ?

Je suis assez disposé à accepter cette dernière version, en faisant toutefois cette réserve que la forme irradiée moniliforme ou à bâtonnets coniques, et la forme à méridiens, sont, parmi les phases de l'état quiescent, celles qui précèdent immédiatement et parfois préparent la cinèse.

Pour la forme irradiée, par exemple, il faudrait bien se garder de la confondre avec les premières phases de la caryocinèse qui correspondent à la dislocation, au fractionnement de l'élément nucléinien, à la formation de la plaque équatoriale ou à la plaque équatoriale elle-même. Il est à noter en effet, que dans la forme irradiée la membrane du noyau existe *toujours* très nettement, tandis qu'elle a *presque toujours* disparu à la phase de formation de la plaque équatoriale. D'ailleurs, on ne pourrait songer à voir dans ces formations que la plaque équatoriale vue de face. Or cette plaque a un tout autre aspect, comme nous le verrons plus loin ; et la confusion n'est pas possible.

On trouve d'ailleurs la forme irradiée dans des spermatoblastes relativement jeunes, et chez lesquels la cinèse n'est pas certainement prochaine. En outre, chez *Pagurus striatus*, la plaque équatoriale est précédée de la rétraction du noyau et de la condensation de sa chromatine sous forme d'un peloton serré à surface plus ou moins irrégulière et grenue (Pl. III, **4**; Pl. IV, **23**, **26**; Pl. V, **45**).

Il y a des raisons de penser que la forme condensée, qui peut être considérée comme le début de la cinèse, est la suite de la forme irradiée et même de la forme à méridiens. On trouve en effet assez souvent chez *Pagurus striatus* des nids de spermatoblastes dont les uns représentent la forme irradiée et les autres la forme pelotonnée condensée. Or, on retrouve assez bien des formes de

passage entre les deux, et si l'on examine de bonnes dissociations après fixation par le bichlorure ou par la liqueur de Ripart et Petit, on peut observer que le passage à la forme condensée se fait par un resserrement et un raccourcissement des rayons accompagnés d'une contraction du noyau tout entier (Pl. VI, **11**, et surtout Pl. V, **113**). Dans ces cas, les noyaux d'aspect granuleux dense prennent une forme sphérique plus ou moins régulière.

Il est possible que la forme à méridiens, d'ailleurs beaucoup plus rare que la forme irradiée, donne plutôt lieu aux formes allongées, moins régulièrement rétractées et condensées qu'on observe en Pl. V, **113**; Pl. VI, **11**.

Les formes irradiées et les formes à méridiens me paraissent appartenir à la phase de l'état quiescent qui prépare la caryocinèse, et l'on peut en quelque sorte les considérer comme des formes pelotonnées de l'état quiescent, avec filaments irradiés ou avec filaments parallèles au grand axe du noyau. Carnoy a décrit des états semblables du noyau quiescent chez *Tegenaria domestica* [1]. Il a représenté un état semblable chez *Armadillo asellus* [2].

Carnoy ne signale pas des formes semblables chez les Décapodes, mais il est toutefois possible de considérer la fig. **244** *a* de *Pagurus striatus* et **238** *a* de *Pagurus Bernhardus* comme des formes pelotonnées cinétiques dérivant, par condensation et rétraction vers l'équateur, de la forme quiescente à anses parallèles. Nous verrons, à propos de la multiplication des spermatoblastes, d'autres formes cinétiques qui pourraient aussi en dériver.

Le protoplasme des spermatoblastes mérite quelque attention par suite des particularités qu'il présente assez souvent.

La couche de protoplasme qui enveloppe le noyau est très variable quant à son épaisseur et quant à sa structure apparente.

Elle est très mince chez les jeunes spermatoblastes et croît généralement à mesure que les cellules sont plus âgées (Pl. I, **1**, **5**; Pl. II, **4**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**; Pl. IV, **12**, **36**, **37**, **38**, **41**, **42**, **43**).

[1] Carnoy; *Cytodiérèse des Arthropodes*, pag. 289, fig. 165 *a*, *b*.
[2] Id., fig. 221.

En outre, chez les jeunes spermatoblastes le protoplasme est clair, transparent, et laisse à peine apercevoir de très fines granulations. Ce protoplasme presque hyalin se colore assez facilement par le carmin et l'hématoxyline. Ce n'est que dans la suite, plus ou moins tôt ou plus ou moins tard, que s'y développent des granulations parfois très volumineuses et qui prennent naissance d'abord au voisinage du noyau sous forme de grains réfringents groupés en plaques, en calottes (Pl. I, 10; Pl. II, 8; Pl. V, 99, 100, 101; Pl VI, 7, 43). Ces parties sont assez colorables par le carmin, par l'hématoxyline, par l'éosine, et se distinguent facilement du reste du protoplasme. Sur les cellules plus avancées ces grains peuvent se multiplier dans le protoplasme, et y jouer un rôle si important que ce dernier en est rempli ; ce qui donne aux préparations colorées par les colorants déjà nommés un aspect spécial, le protoplasme étant parfois plus vivement coloré que l'élément nucléaire (Pl. III, 1, 2, 3; Pl. VI, 6), quand celui-ci est peu développé.

En avançant vers la maturité de la cellule, le protoplasme devient généralement plus granuleux, et les grains acquièrent des dimensions plus ou moins marquées suivant les espèces et suivant les individus (Pl. IV, 16, 17, 18; Pl. V, 98, 110; Pl. VI, 4, 5). Parfois ces granulations restent fines, donnant sous l'influence des colorants susnommés une teinte qui paraît uniforme. Sur les préparations qui renferment des nids de spermatoblastes de divers âges, la différence de teinte des protoplasmes est parfaitement marquée, ainsi qu'on peut le voir d'après la Pl. II, 12, où les spermatoblastes les plus âgés ont des noyaux à nucléine irradiée, et une couche de protoplasme à la fois bien plus épaisse et bien plus colorée que celle des spermatoblastes plus avancés.

La structure du protoplasme de la cellule ou cytoplasme n'est pas toujours bien facile à saisir. Mais sur des préparations bien fixées et convenablement colorées par les carmins, on peut se rendre nettement compte de la structure réticulée du cytoplasme. On voit alors qu'il est composé de deux parties : l'une formant un réseau très délicat indiqué par des granulations très fines que le

carmin colore assez bien (Pl. VI, 17, 18, 19, 20), et qui sont disposées dans les filaments du réseau en une série unique ; et l'autre, claire, liquide, contenue dans les mailles du réseau et renfermant des granules. Les filaments du réseau partent en divergeant de la surface du noyau et se bifurquent ensuite pour s'anastomoser en formant des mailles étroites dans toute l'étendue du cytoplasme. Cette structure s'observe surtout au voisinage des phases de la cinèse, c'est-à-dire quand, les cellules ayant atteint leur organisation complète, leur structure plus accentuée devient manifeste. Je l'ai observée d'une manière bien évidente dans les cellules Pl. VI, 17 *a*, *b*, 18, 19. 20, dans les cellules Pl. VI, 27, 28, et dans la cellule Pl. VI, 29 appartenant aux périodes voisines (antérieures ou postérieures) de la cinèse chez des *Pagurus striatus*, et dans les Pl. V, 113; Pl. VI, 45, 50, 52, qui représentent des cellules d'*Astacus* à la période de condensation, de contraction nucléaire. On conçoit d'ailleurs que ces phénomènes soient d'une clarté très inégale suivant les sujets, et suivant le mode de fixation et de préparation de l'organe.

Je dois ajouter que, chez un *Pagurus striatus* du 22 février, de grands spermatoblastes m'ont présenté un fait assez remarquable (Pl. VIII, 57, 58). Ces cellules fixées par le mélange de liqueur de Ripart et Petit et d'acide osmique, et colorées par le vert méthyle acétique, ont présenté dans le noyau de beaux grains nucléiniens accumulés vers la zone externe du noyau, et dans le cytoplasme un beau réseau irradié qui renfermait dans ses lignes des grains verts très fins, qui s'agglomeraient aux confluents du réseau sous forme de grains plus gros réfringents et bien colorés, qu'il était impossible de distinguer des grains de nucléine du noyau. Quelques-uns plus volumineux représentent bien de vrais noyaux accessoires (Nebenkern). J'ai observé un certain nombre de cas semblables, que j'aurai l'occasion de citer plus loin, à propos de la signification des noyaux accessoires.

Dans les mailles du réticulum cytoplasmique se trouve une substance hyaline, liquide, plastique renfermant les granules plus ou moins fins déjà signalés, et que Carnoy désigne sous le

nom d'***enchylema***, ***masse interfilaire*** de Flemming et Kupffer.

La constitution du protoplasme cellulaire se modifie dans les spermatoblastes avec l'âge de la cellule, en ce sens que le réticulum est moins accentué, moins évident chez les jeunes cellules, et qu'il tend à devenir plus riche, plus accentué, à mesure que les cellules s'approchent de la maturité. Il atteint le développement maximum chez les cellules adultes, qui sont prêtes à terminer leur existence individuelle par la division cinétique.

Il résulte, de la présence et du développement progressif du réticulum, des dispositions particulières qui s'accentuent du reste à des degrés très divers, mais qui parfois sont d'une évidence remarquable. Je veux parler de la ***structure globuleuse*** du protoplasme. Cette disposition consiste en ceci que le protoplasme de la cellule semble formé de grosses masses plus ou moins sphériques, situées autour du noyau (Pl. VI, 2, 3). Ces masses globuleuses sont plus ou moins nombreuses, et leur volume est en raison inverse de leur nombre. Elles forment généralement une couche unique autour du noyau et donnent à la surface de la cellule une forme bosselée, chacune des masses globuleuses faisant plus ou moins saillie (Pl. IV, 16, 17, 18, 22; Pl. V, 53, 54, 58, 63, 92, 98, 110, 111; Pl. VI, 1, 11, 12, 13, 14, 15, 38; Pl. VII, 12).

Parfois la membrane cellulaire reste appliquée à la surface des globules, et plonge dans les sillons superficiels qui séparent les saillies. Dans d'autres cas, la membrane passe comme un pont au-dessus des sillons et se distingue très nettement. Dans bien des cas, la disposition globuleuse paraît ne pas exister; dans d'autres, elle est très évidente. Mais, pour la voir, il ne faut pas compter sur les coupes et surtout sur les coupes conservées dans le baume. Sur les coupes conservées dans la glycérine on les aperçoit assez bien, à condition que la coupe ait une certaine épaisseur. Les coupes minces sont beaucoup moins favorables. La meilleure manière de les mettre en évidence sont les dissociations, et pour cela des moyens divers de fixation m'ont donné de bons résultats. Le bichromate de potasse ou le bichromate d'ammoniaque à 2 °/₀ avec action prolongée, l'acide acétique à 3 °/₀ ou à 5 °/₀, la liqueur chromo-acéto-osmique

de Flemming, le vert méthyle acéto-osmique, la liqueur de Müller, la solution saturée de bichlorure mercurique additionnée ou non de 5, 10 ou 20 °/₀ d'acide acétique. On les voit également sur des cellules prises sur l'animal vivant et dissociées dans le sang de l'animal (Pl. VI, 47). Il y a ceci de positif, c'est que dans les cellules jeunes la structure globuleuse est peu évidente en général, et les globules sont peu nombreux. Mais, à mesure que la cellule se développe, les globules deviennent plus évidents et plus nombreux. Le moment où leurs limites se dessinent le mieux, correspond aux phases qui précèdent immédiatement la cinèse ou qui lui correspondent (Pl. V, 47, 48, 49, 50, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 73, 87, 88, 89, 90, 91; Pl. VI, 8, 9, 10, 33, 35, 36, 37, 40, 41, 49, 50). Quelle est la constitution de ces vésicules? Quelle est leur signification?

Ces vésicules sont des portions du protoplasme plus ou moins granuleux comme le protoplasme lui-même; leurs limites sont très délicates, et sont constituées par une fine membrane très difficile à apercevoir, mais dont le parcours est surtout révélé par de petites granulations qui sont appliquées contre la membrane ou situées dans son épaisseur. Quand on traite les cellules par des colorants tels que les carmins boratés, ou alunés, l'hématoxyline, le violet de gentiane, les granulations renfermées dans les globules et celles qui se trouvent sur la membrane limitante se colorent facilement; et il reste en dehors des vésicules dans les sillons superficiels au-dessous de la membrane cellulaire des espaces occupés par une substance à granulations plus fines et plus rares, et qui par suite se colore beaucoup moins. On aperçoit assez nettement alors dans les dissociations les globules et la série de granules colorés qui en marque la surface limitante.

Sur certaines dissociations j'ai obtenu ces globules très nettement séparés et isolés sous formes de masses sphériques ou ovoïdes (Pl. IV, 31, 32. 44, 46; Pl. V, 51; Pl. VI, 2). Cet aspect s'est aussi reproduit sur des coupes (Pl. II, 23; Pl. IV, 13, 14, 15; Pl. V, 40; Pl. VI, 9, 10).

Ces images ne sont pas de simples apparences mais correspondent

certainement à des réalités, car sur les spermatoblastes de Pagure, au moment de la concentration de la nucléine et de la formation de la plaque équatoriale, on voit la forme de la masse nucléinienne correspondre à l'existence de ces cloisons interglobulaires. Cette masse présente en effet des angles saillants qui pénètrent entre les globules au lieu même où se trouvent les cloisons, et l'on voit même parfois des grains de nucléine aberrants, pour ainsi dire, pénétrer assez profondément entre les globules protoplasmiques, et marquer nettement le trajet des cloisons (Pl. V, 47, 48, 49, 50, 56, 57, 73, 77, 78, 79, 84, 85, 86, 93, 94; Pl. VI, 22, 23, 24, 25, 26, 49, 50 . Cette disposition donne sur certains sujets aux plaques équatoriales des formes irrégulières étoilées qui se voient bien sur la Pl. III, 4.

Quelles sont la nature et l'origine de ces masses sphériques? Il me paraît rationnel de les considérer comme résultant du feutrage, du tassement sur certains points du réticulum protoplasmique, feutrage ou tassement qui peuvent avoir pour cause un excès de développement de l'enchylème et des granules dans certaines régions. Il est possible que cet excès de développement ait pour point de départ des centres d'abord restreints, disséminés dans le protoplasme cellulaire, centres qui en grossissant progressivement produisent autour d'eux un tassement du réticulum sous forme de membrane. Cette dernière retient dans ses mailles rétrécies et feutrées les granulations de l'enchylème, qui la jalonnent pour ainsi dire et la signalent à l'œil de l'observateur. L'existence de ces centres limités d'un excès de développement dans le protoplasme des spermatoblastes des Crustacés décapodes me paraît d'ailleurs être démontrée par d'autres faits sur lesquels il convient d'insister. Bien plus, cette tendance à des formations localisées se retrouve dans toute l'histoire de la spermatogenèse chez ces Articulés, et nous la retrouverons atteignant son plus haut degré et sa régularisation dans les processus de formation du spermatozoïde aux dépens des petites cellules testiculaires.

Parmi les faits qui signalent et démontrent cette tendance aux formations localisées dans le protoplasme cellulaire, il convient de

signaler ces corps particuliers qui apparaissent dans le protoplasme des spermatoblastes, et auxquels on a donné différentes dénominations. Grobben les a observés chez *Astacus* et dessinés et décrits sous le nom de *Nebenkoerper* (corps voisin du noyau). Strasburger a vu des corps semblables dans les cellules mères du pollen et les a nommés *Secretkoerper* (corps sécrétés). Nussbaum, qui les a observés et dessinés chez *Astacus*, leur donne aussi le nom de *Secret-koerper*, réservant celui de *Nebenkern* à des formations dont nous aurons à parler plus tard. Enfin, G. Hermann les nomme *corpuscules paranucléaires*.

Voici ce qu'en dit Grobben [1] : « Le protoplasme des cellules (grandes cellules) est clair, et on remarque dans son sein un corps petit, hémisphérique, d'aspect mat (von mattem Glanze); ce corps apparaît par l'action de l'acide acétique, et semble être un corps albuminoïde. J'ai trouvé un corps semblable dans les spermatoblastes mûrs d'*Eupagurus Prideauxii*, et *Eriphia spinifrons*... Je ne puis dire quelle est la signification de ce corps. Cependant je *pourrais émettre l'opinion qu'il est une portion du noyau du spermatoblaste*, portion qui est expulsée avant la division du noyau, ou quand les cellules testiculaires ont atteint leur complète maturité. Tout au moins ai-je sous les yeux des figures où ce corps est situé tantôt près du noyau, tantôt loin du noyau au voisinage de la périphérie de la cellule. J'ai vu également dans des spermatoblastes d'*Homarus* un *corps voisin* (Nebenkörper) semblable à celui de l'Astacus et *qui paraît relié au noyau par des filaments.* »

» De nouvelles recherches sont nécessaires pour établir d'une manière positive l'origine de ce corps. Je rappelle seulement ici que Bütschli a décrit chez la grenouille dans les globules sanguins, un corps voisin (Nebenkörper) en dehors du noyau, qui pourrait bien correspondre à ce corps voisin des spermatoblastes. Bütschli s'abstient toutefois d'émettre une opinion sur la signification de ce corps. »

[1] Grobben ; *loc. cit.*, pag. 37.

Voici d'autre part ce que dit Nussbaum de cette formation intra-cellulaire [1] : « Dans les spermatogonies apparaît avant la division cellulaire un corps excentrique, situé près du noyau, sensible aux colorants (farbbärer), qui disparaît lorsque se forme le fuseau nucléaire. De même que Grobben a vu ce corps dans les spermatogonies, Strasburger [2] l'a vu dans les cellules mères du pollen avant leur division, et il lui a donné le nom de corps sécrété (Secretkörper). Il a dessiné la sortie de ce corps du noyau, comme Grobben l'avait pensé, en s'appuyant sur le Homard. Toutefois il faut insister sur ce point que ce produit du noyau qui se formerait dans la spermatogonie avant la division ne doit pas être confondu avec le Nebenkern (*noyau accessoire*) des spermatocytes. Le Nebenkern ou les Nebenkern des spermatocytes *naissent dans le protoplasma.*».

Gilson représente cette formation intra-cellulaire chez *Astacus* [3] et la désigne comme *corpuscule albuminoïde* ou *Nebenkern*. Il semble la considérer comme une simple enclave albuminoïde située dans le cytoplasme ; il ne lui fait d'ailleurs jouer aucun rôle dans les phénomènes de la spermatogenèse, et paraît ne pas y attacher grande importance.

Carnoy [4], avant Gilson, a figuré des Nebenkern dans des métrocytes en division ou cellules mères du testicule d'*Astacus*, de *Crangon cataphractus*. Il les assimile quant à leur nature (pag. 321) aux corpuscules polaires situés au niveau des asters, corpuscules qui sont tantôt peu nombreux et bien dessinés, et tantôt forment des amas de granules plasmatiques. Pour lui, les corpuscules polaires sont de simples modifications transitoires et éventuelles de l'enchyléme protoplasmatique. Ce sont des formations dont l'existence est loin d'être un fait général chez les Arthropodes ; et leur présence n'est même pas constante dans les espèces

[1] Nussbaum ; *loc. cit.*, pag. 208.

[2] *Dies Arch.* Bd. XXI.

[3] Gilson ; *loc. cit.*, fig. 419, 427, 428.

[4] Carnoy *La Cytodiérèse chez les Arthropodes* (*loc. cit.*), fig. 246 *f'*, 247, *a*, *b*, 248, *a*, *b*, 250, 251, 252.

qui en possèdent. « Sur un assez grand nombre de cellules ***en division***, dit-il, nous avons constaté l'existence de corpuscules et d'amas granuleux dans d'autres endroits du cytoplasme », et il renvoie le lecteur à la fig. 245 *f'* qui représente un Nebenkern aux abords du fuseau dans une cellule mère de testicule d'***Astacus*** à la période de métakinèse. « Ce fait, dit-il, prouve une fois de plus que ces productions ne sont qu'une modification de l'encbylème protoplasmatique ».

D'après Carnoy, les Nebenkern des auteurs restent ***durant toutes les phases*** de la caryocinèse, tels qu'ils étaient auparavant ; et c'est bien à tort que certains observateurs comme Nussbaum, ont avancé que ces corps se fusionnent et disparaissent pendant la division cellulaire.

G. Hermann[1] repousse avec raison pour ces corps les noms de ***corps accessoire***, et de ***noyau accessoire*** (Nebenkörper, Nebenkern) qui ont été donnés à des formations variées extra-nucléaires, et qui prêtent à confusion. Il les appelle ***corpuscules paranucléaires***. Il les décrit comme apparaissant non loin de la périphérie sous forme d'un corps irrégulièrement ovoïde, d'une réfringence mate, mesurant de 6 à 7 μ. Leur formation précède les phénomènes de spermatogenèse proprement dits, et ne semble y prendre aucune part. Ces corpuscules ont été vus par Hermann jusqu'au moment où se produit la métakinèse ou division de la plaque équatoriale en plaques polaires. A partir de ce moment, Hermann a perdu leurs traces.

Hermann ne nous dit rien d'ailleurs de l'origine, de la nature et de la signification du corpuscule paranucléaire.

J'ai cherché à mon tour à me rendre compte de la valeur et de la signification des Nebenkern des spermatoblastes des Crustacés décapodes. Après de nombreuses observations je suis arrivé à cette conviction, que les naturalistes ont confondu sous cette dénomination des formations d'origine et de nature très différentes.

[1] G. Hermann ; *Notes sur la structure et le développement des spermatozoïdes chez les Décapodes* (*Bulletin scientifique du Nord de la France et de la Belgique*, 1890, XXII.)

Me bornant à la question du Nebenkern des spermatoblastes des Crustacés décapodes, je puis dire que je l'ai observé assez souvent sans doute ; mais je dois ajouter que sa présence est loin d'être constante, et même aussi fréquente qu'ont paru le penser certains naturalistes. Les cellules qui présentent un Nebenkern bien délimité, bien circonscrit, sont en définitive assez rares; et il y a même certains Crustacés où on les rencontre bien plus rarement que chez d'autres. Je les ai observés chez *Astacus*, parfois uniques, mais d'autres fois multiples (Pl. III, 14). Je les ai vus aussi, mais rarement chez *Pagurus striatus* (Pl. VI, 39). Chez *Palinurus* dans une série de coupes du même testicule, les unes présentent des cellules à Nebenkern à côté de cellules qui n'en ont point ; d'autres coupes n'en présentent pas du tout, ce qui prouve que leur présence n'a rien de général, même chez le même animal.

D'autre part, il y a des Nebenkern qui sont certainement d'origine et de nature protoplasmiques, tandis qu'il est bien difficile de refuser à d'autres une nature nucléaire.

Pour ce qui regarde les Nebenkern de nature protoplasmique, je dois dire que ces co puscules ne m'ont pas paru différer de nature avec les éléments granuleux du cytoplasme qui les environne ; et je crois qu'il faut les considérer comme des accumulations, des concentrations en certains points des grains plus ou moins réfringents et colorables de l'enchyléma. Ils sont plus ou moins granuleux ou massifs, suivant que la concentration et la fusion sont plus ou moins parfaites; et ils semblent se colorer d'autant plus vivement par les carmins, l'éosine, et même l'hématoxyline, que leur consistance est plus massive et plus compacte. On trouve d'ailleurs chez certains spermatoblastes, dans la couche encore mince de protoplasme, des formations de même aspect et de même réaction vis-à-vis des colorants, et qui ne sont que des éléments granuleux du cytoplasme qui viennent de se former.

Grobben les a représentés dans un spermatoblaste d'*Eupagurus Prideauxii* (Pl. III, 37), où il les signale comme des globules brillants, qui se comportent vis à-vis des réactifs comme une substance albuminoïde. Je les ai également représentés chez

Pagurus striatus (Pl. VI, 6, 7, 43, 44), et chez *Astacus* (Pl. VI, 31, 32).

Parfois ces grains colorables sont disposés dans le protoplasme des jeunes spermatoblastes sous forme de masses cupuliformes, qui sur les coupes forment des croissants voisins de la convexité du noyau (Pl. I, 10; Pl. II, 8; Pl. IV, 43; Pl. V, 99, 100, 101).

Ces formations se dispersent souvent, s'éparpillent à mesure que la cellule grandit, mais il est possible de concevoir qu'une ou quelques-unes de ces dispositions persistent, et donnent lieu à ces apparences qu'on a décorées du nom de Nebenkern. Ce ne sont, en définitive, que de simples enclaves cytoplasmiques résultant d'une accumulation, d'une condensation en un point restreint des granulations albuminoïdes de l'enchyléma.

Ces concentrations localisées me paraissent en rapport avec la tendance, que j'ai précédemment signalée, à la production dans le protoplasme des cellules spermatogènes des Décapodes de centres distincts de nutrition et de développement qui donnent à ces cellules la constitution *globuleuse* que j'ai décrite, et qui fait que presque toujours ces cellules ont des formes très bosselées, très irrégulières, et présentent une excentricité plus ou moins prononcée du noyau. Ce sont là des dispositions qui se retrouvent même dans les figures des auteurs qui n'avaient cependant pas aperçu la constitution globuleuse de la cellule, mais qui ont fidèlement reproduit le contour et la forme générale de la cellule, Gilson entre autres.

On conçoit d'ailleurs que ces centres de nutrition et de production, ces sortes de départements de la zone cytoplasmique, qui prennent des formes plus ou moins globuleuses, puissent présenter des aspects et des consistances différents, suivant que tel ou tel élément y prédominera. Si ce sont les granules ou microsomes, nous aurons les vésicules granuleuses que nous avons observées, et au sein desquelles pourront se constituer des tassements, des condensations plus localisées, plus restreintes qui constitueront les prétendus Nebenkern. Mais il est possible aussi que l'accumulation de la partie visqueuse et hyaline, l'hyaloplasme, l'emporte

dans quelques-uns de ces globules, et il en résultera des vésicules claires que l'on observe bien souvent dans le cytoplasme des spermatoblastes.

Ces vésicules sont hyalines, claires, se colorent généralement peu par colorants déjà nommés (Pl. V, 106, 107, 108, 109). Parfois on ne trouve dans le cytoplasme que ces vésicules claires, bien délimitées d'ailleurs. Mais ce qui est plus intéressant, et ce qui justifie les considérations que je présente, c'est qu'on les rencontre dans la même cellule à côté de globules riches en microsomes ou granulations. La Pl. V, 95, représente un spermatoblaste de *Pagurus striatus* observé le 14 mai, et dont le cytoplasme est formé de globules granuleux et d'un seul globule clair, hyalin, ne renfermant que quelques rares granulations. Sur ce sujet on observait bon nombre de cellules ainsi constituées. La Pl. VI, 8, d'un testicule de Homard, renferme une cellule *a* dans laquelle deux vésicules claires sont à côté de 6 ou 7 globules granuleux; en Pl. VI, 10 se trouvent deux deutospermatoblastes en kinèse dont l'un renferme deux globules granuleux et l'autre deux globules granuleux et une vésicule claire. Les dimensions des vésicules sont celles des globules granuleux, leurs rapports avec le noyau sont identiques, et leurs limites nettes et marquées dans les deux cas par de fines granulations également colorables permettent de rapprocher ces deux formations d'aspect différent au premier abord.

Mais il est d'autres formes qui ne sont pas moins significatives et qui compléteront ma démonstration. Je veux parler de formes intermédiaires entre les deux espèces de globules, c'est-à-dire entre les globules hyalins et les globules granuleux, formes intermédiaires qui nous feront pour ainsi dire toucher du doigt les relations qui rattachent ces deux formes l'une à l'autre.

C'est ainsi que chez un *Astacus* du 12 juillet j'ai trouvé des spermatoblastes comme Pl. III, 13, dans lequel le cytoplasme était divisé en grosses masses, chez lesquelles la tendance au développement exagéré du hyaloplasme se présentait à des degrés divers; les granulations se limitant à certaines régions périphériques des sphérules protoplasmiques La Pl. VI, 44 qui appartient à un *Pagu-*

rus striatus de mai 1886, représente un spermatoblaste dans les sphérules duquel les grains ou microsomes sont relégués par l'hyaloplasme à la surface des sphérules, de telle sorte que les limites de ces dernières en deviennent très accentuées. Cette préparation renfermait bon nombre de cellules semblables, et je les ai retrouvées sur plusieurs autres animaux.

Enfin la Pl. II, 23, qui représente des spermatoblastes de Homard du 10 janvier, me paraît particulièrement intéressante. On y voit trois grands protosperma toblastes pourvus d'une couche épaisse de protoplasme et près d'entrer en kinèse. Leur protoplasme renferme des sphérules à des états divers. Les unes sont très riches en granulations; d'autres de mêmes dimensions et de mêmes rapports que les premières sont devenues vésiculeuses et sont remplies d'hyaloplasme; mais au centre est resté une accumulation granuleuse qui rappelle très fidèlement le Nebenkern des auteurs, et qui a exactement les mêmes réactions, se colorant plus ou moins par le carmin suivant sa densité.

Enfin à côté sont d'autres vésicules dont le contenu tout entier est hyalin, et au sein desquelles ne se trouve pas traces de Nebenkern. Leurs parois sont nettement indiquées par la présence de fins granules colorés.

Ainsi donc nous retrouvons ici trois termes bien nets des transformations du cytoplasme, qui peuvent nous éclairer à la fois sur la nature des Nebenkern d'origine protoplasmique, et sur la division du cytoplasme des spermatoblastes en sphères ou centres dans lesquels peut prédominer à des degrés divers la production de l'un ou de l'autre des éléments de l'enchylème, soit les grains ou microsomes, soit l'hyaloplasme.

Mais à côté de ces corpuscules formés par l'accumulation des granulations modérément colorables du cytoplasme, il existe aussi des Nebenkern auxquels on ne saurait, me semble-t-il, refuser une nature nucléinienne. On trouve en effet dans le protoplasme de certains spermatoblastes des corps qui présentent avec la nucléine les plus grandes analogies d'aspect, de réfringence, et d'affinité pour les colorants nucléaires les plus caractéristiques.

J'ai déjà signalé un fait semblable pour les cellules de *Pagurus striatus* représentées Pl. VIII, 57, 58. A ces faits il faut joindre des cas semblables observés chez *Paguristes maculatus*, *a* Pl. VII, 225, les cellules Pl. VI, 49, 50 et les cellules Pl. V, 42, 43 de *Pagurus striatus*. Il y a ceci de remarquable dans les cas que je représente, que la réaction par le vert méthyle a révélé sur les filaments du réseau cytoplasmique, et sur les limites des masses globuleuses de ce dernier des grains fins réfringents et colorés en vert brillant. Les Nebenkern paraissaient d'une manière évidente n'être que des agglomérations plus importantes de ces granulations.

L'origine de ces grains plus ou moins répandus dans le cytoplasme me parait devoir être attribuée à des perturbations de la caryocinèse, et surtout aux formes inférieures de cette division que je décrirai un peu plus loin.

Il est à remarquer, en effet, dans les exemples que je viens de produire, que les cellules étaient toutes en préparation pour ce mode de division, et que la membrane nucléaire avait disparu entièrement ou presque entièrement.

En outre, j'ai pu sur de très bonnes préparations par dissociation observer une semblable dispersion de grains nucléiniens dans des cellules où la plaque équatoriale commençait à se diviser en deux plaques. La Pl. VI, 52, montre très exactement dessinée une de ces cellules observées avec un excellent apochromatique de Zeiss. On y voit les grains nucléiniens des plaques polaires disposés en rangées qui se continuent avec les filaments du réseau protoplasmique; et sur ces filaments se voient des grains très fins de même nature. Aux nœuds du réseau se trouvent des grains plus volumineux.

Dans cette forme de la cinèse on observe souvent des grains nucléiniens qui ont pris une situation excentrique et isolée. C'est ce que représente bien la Pl. V, 39 d'un spermatoblaste d'*Astacus*, et les Pl. VI, 23, 24, 29; Pl. V, 49, 50, 56 de Pagure; Pl. VI, 58 de *Diogenes*.

Mais j'ai également observé dans la forme plus élevée de la

cinèse, c'est-à-dire dans la cinèse avec fuseau, des cas où des tronçons, ou globules de nucléine s'étaient plus ou moins égarés dans le cytoplasme. Les Pl. X, 85, 86, 87, 97, 98, prises sur des testicules d'*Astacus* dissociés, présentaient clairement des dispositions semblables.

Si j'insiste sur ces faits, c'est qu'ils me paraissent permettre de jeter quelque clarté sur l'origine des Nebenkern nucléiniens. Je ne suis pas éloigné de penser en effet que quelques-uns de ces grains égarés ne soient par là même placés en dehors de l'influence condensante qui réunit les fragments nucléiniens des plaques polaires en noyaux filles. Ils restent alors isolés dans le protoplasme. Les grains très petits sont résorbés ou passent inaperçus, tandis que les masses plus importantes persistent plus ou moins longtemps et constituent les noyaux accessoires, ou vrais Nebenkern de nucléine.

Cette manière de concevoir l'origine nucléaire des Nebenkern me paraît se rapprocher à certains égards des idées émises par Platner [1] avec cette diff rence cependant que Platner considère le Nebenkern ou noyau accessoire comme provenant du bourgeonnement du noyau *quiescent*, et comme rentrant ensuite dans la constitution du boyau pelotonné pour prendre part au procès mitotique, et reparaître dans les cellules filles après la division.

Pour moi, je considère les noyaux accessoires de nature chromatique comme des fragments du filament nucléaire détachés pendant les phases de la cinèse, et rejetés par un processus violent et irrégulier en dehors de la sphère de l'attraction qui réunira les fragments du filament nucléaire en noyaux filles. Je termine, en exprimant cette opinion que la présence tout à fait irrégulière et inconstante chez les Crustacés décapodes des Nebenkern soit protoplasmiques, soit nucléaires, ne me permet pas de considérer ces formations comme jouant un rôle considérable et régulier. Aussi suis-je disposé à les regarder, avec Carnoy et Gilson, comme des particularités accidentelles et sans importance.

[1] Gustave Platner; *Ueber die Entstehung des Nebenkerns und seine Beziethung zur Kerntheilung. Arch. f. mik. Anat. Bonn,* 1886, tom. XXVI.

La seule signification que l'on puisse, me semble-t-il, leur attribuer, avec quelque raison, c'est d'être les indices de l'existence dans le protoplasme de ces cellules, de centres spéciaux, au sein desquels peuvent se condenser les granulations protoplasmiques, et où se trouvent détournés et retenus parfois des fragments nucléiniens dévoyés et dispersés par les mouvements de la cinèse.

§ 2. — Origine des protospermatoblastes et des noyaux du blastème.

L'origine des protospermatoblastes (spermatoblastes de Grobben, premières métrocytes de Gilson) est une question complexe, et que je désire discuter à fond. A elle se rattache d'ailleurs la question de l'origine du blastème dont j'ai retardé à dessein l'étude jusqu'à ce que je pusse en aborder avec fruit toutes les faces.

Le sujet d'ailleurs est délicat, ainsi que le lecteur pourra le remarquer par la suite. Il exigera de grands efforts pour être élucidé et d'autant plus que les documents publiés sur la matière sont rares et fort imparfaits. Je ne connais que deux naturalistes, Grobben et Gilson, qui se soient occupés à des degrés divers de cette double question de l'origine du blastème et de l'origine des protospermatoblastes ; et leurs solutions me paraissent demander une sérieuse révision.

En outre, sous l'apparence d'une concordance complète, les solutions proposées par ces deux naturalistes diffèrent parfois d'une manière très notable ; et l'harmonie qui semble à tort les relier n'est parfois que le résultat de malentendus et d'une interprétation erronée de l'opinion déjà émise par l'un d'eux.

Avant d'examiner les opinions de mes deux prédécesseurs, je vais exposer les résultats de mes propres observations, et donner sur cette double question mon opinion tout entière. Ce n'est qu'après, en effet, que je pourrai avec fruit discuter les solutions qui ont précédé la mienne, et montrer la part de vérité et d'erreur, que, à mon sens, elles renferment.

Quand on examine de bonnes coupes faites sur des testicules d'*Astacus* on aperçoit sur certains points de la préparation, au milieu de coupes faites sur des acini testiculaires dont la lumière est plus ou moins complètement obstruée par des éléments cellulaires (blastème, spermatoblastes ou spermatozoïdes), on aperçoit dis-je, des coupes portant soit perpendiculairement, soit obliquement, soit longitudinalement sur des canaux cylindriques assez réguliers qui se distinguent immédiatement par leur forme, par leur constitution. Ce sont des coupes semblables que représentent les Pl. III, 17, 18, sur lesquelles je vais arrêter l'attention du lecteur.

Ces deux coupes sont dues à un testicule d'*Astacus* sacrifié le 3 novembre, fixé pendant quelques minutes dans une solution saturée de bichlorure de mercure additionnée de 25 °/₀ d'acide acétique glacial, et durci à travers la série des alcools à 50°, 70°, 80°, 90° et absolu.

Le testicule coloré en masse au carmin boraté suivant la méthode de Grenacher, a été inclus dans la paraffine et divisé en coupes de 1/200 de millimètre. Les coupes ont été enfermées dans du baume de Canada. La préparation en est très nette, et la sélection du colorant très satisfaisante. Voici ce que l'on observe sur les deux coupes.

La Pl. III, 17 représente la coupe entière d'un cylindre A, et la demi-circonférence du cylindre voisin B. La lumière du cylindre est libre à cette époque de l'année. A une époque plus voisine de septembre, en octobre par exemple, on peut y trouver des spermatozoïdes plongés dans un liquide hyalin ainsi qu'on l'observe Pl. IV, 2 qui appartient à un testicule d'*Astacus* sacrifié le 20 octobre. Ces spermatozoïdes provenant d'autres points du testicule parcourent seulement la lumière du canal.

La constitution du cylindre A offre des caractères remarquables. La paroi se compose très nettement de bandes de tissu conjonctif fibrillaire assez épaisses, et d'éléments cellulaires spéciaux.

Le tissu conjonctif forme le squelette des parois du cylindre. Il est formé de rubans fibreux qui, s'entre-croisant obliquement sur

les parois du canal, constituent une sorte de feutrage. La couche profonde de ce tissu conjonctif est compacte; mais vers la périphérie les rubans sont séparés par des espaces dont les uns sont occupés par des éléments cellulaires, et dont les autres forment de vraies mailles ou lacunes dans lesquelles circule le liquide sanguin, ainsi que le prouve la présence dans l'une d'elles d'un globule du sang *a*. A la périphérie donc, les rubans fibreux se dissocient, se séparent et s'anastomosent pour former un véritable tissu lacunaire fibro-conjonctif. Dans ce point de la coupe on n'apercevait pas d'éléments musculaires; mais nous verrons qu'il s'en trouvait dans d'autres points.

Les éléments cellulaires se divisent en deux groupes bien distincts; les uns sont *internes* et tapissent la paroi du canal, les autres sont *intra-pariétaux* et logés dans certaines mailles du tissu conjonctif, dans l'épaisseur de la paroi du canal.

Les *éléments internes* forment une couche circulaire continue qui délimite la lumière du canal. On y distingue à première vue des *noyaux* situés profondément, près de la paroi conjonctive compacte. Ces noyaux sont *identiques* comme constitution aux noyaux déjà décrits comme *noyaux du blastème*; il n'est donc pas nécessaire de les décrire de nouveau. Ces noyaux sont, sur une grande partie de la circonférence du canal, disposés sur une seule couche régulière; dans d'autres points ils forment des agglomérations plus ou moins considérables, et quelques-uns surmontent la couche profonde et font saillie vers la lumière du canal. Sur plusieurs points on constate facilement la division des noyaux par voie de clivage et de pulvérisation de la nucléine, telle que je l'ai déjà décrite pour les noyaux du blastème ou plasmodium. En B*a* on voit nettement un de ces noyaux avec voie lactée oblique.

Ces noyaux sont plongés dans une couche de protoplasme granuleux dont l'épaisseur variable est plus grande dans les points correspondants aux agglomérations de noyaux. Cette couche qui n'est pas colorée par le carmin présente, au premier abord et avec des grossissements ordinaires, un aspect homogène qui ne permet pas d'y reconnaître des limites cellulaires, si bien qu'on est tenté

de considérer la couche cellulaire interne comme un plasmodium ou blastème à noyaux profonds, tapissant les parois du canal. Mais l'examen attentif avec de bons objectifs à *immersion homogène*, (1/16 de pouce de Leitz, 1/18 de pouce de Zeiss), permet de distinguer dans cette masse d'aspect homogène, des lignes très fines séparant des portions du protoplasme, et divisant celui-ci en cylindres ou en ovales représentant les coupes des corps cellulaires correspondant aux noyaux de la couche profonde.

Sur les points où se trouvent les accumulations de noyaux, et où la couche de protoplasme est épaissie, on distingue moins aisément les corps cellulaires, car ils sont multipliés, et coupés le plus souvent dans une direction oblique qui ne permet pas de reconnaître pour chaque noyau le corps cellulaire qui lui appartient. Mais dans les points où la série des noyaux est unique, on peut fort bien distinguer pour chaque noyau un corps cellulaire cylindrique. Cela se voyait fort nettement dans un autre cas (Pl. V, 2) appartenant à un *Astacus* du 20 octobre, fixé avec la liqueur chromo-acéto-osmique de Flemming et coloré sur coupes avec l'hématoxyline de Kleinenberg. La séparation des corps cellulaires était nettement marquée par une série de *très fins* granules colorés légèrement par l'hématoxyline.

On constate donc que l'on est en présence d'une véritable *couche d'épithélium* cylindrique à noyaux profonds et à limites cellulaires très délicates. Il convient d'ajouter que dans quelques-unes de ces cellules on remarquait des *espaces vésiculaires clairs*, hyalins qui s'étaient développés dans le protoplasme. Sur la Pl. IV, 2 presque chacune de ces cellules présentait également une vésicule, au centre de laquelle on observait un groupe plus ou moins prononcé de granulations irrégulières.

Les éléments cellulaires *intra-pariétaux* (Pl. III, 17) sont constitués par des noyaux, de dimensions variables, disposés par groupes plus ou moins nombreux, et logés dans des espaces ou lacunes du tissu conjonctif pariétal. Ces noyaux de constitution identique à ceux de l'épithélium déjà étudié, sont plongés dans une masse indivise et peu abondante de protoplasme, et forment donc réelle-

ment de véritables masses ou nids de blastème. Les noyaux sont parfois petits, rares et aplatis (Pl. III, A *c*), comme les noyaux du tissu conjonctif; d'autres sont au contraire volumineux et nombreux. La nucléine y est pour la plupart disposée en grains fins disséminés; la division par clivage et pulvérisation, telle que nous l'avons décrite pour les noyaux du blastème, y parait en activité. Mais ici le protoplasme qui renferme les noyaux ne présente aucune trace de division, et nous sommes en présence de nids de blastème ou de plasmodium dans toute la rigueur de l'expression.

Ainsi donc les deux éléments cellulaires, l'un interne et l'autre intra-pariétal, possèdent des noyaux de structure identique, et présentent le même mode de division et de multiplication. Les seules différences qui les séparent, résident dans l'état de division ou d'indivision du protoplasme ambiant, et dans leur situation par rapport à la charpente fibro-conjonctive de la paroi du canal.

Je dis que ces deux éléments cellulaires sont deux formes à peine différentes d'un même élément, et qu'il y a au fond identité entre l'épithélium du canal et le blastème des lacunes conjonctives de la paroi. C'est ce que la suite des transformations de ces deux éléments va clairement nous démontrer.

L'examen de la Pl. III, 17 B, 18 va nous éclairer sur ce point.

En fig. 17 B *b* nous voyons un véritable protospermatoblaste encore jeune, développé dans la couche d'épithélium interne, et reconnaissable à son noyau volumineux, arrondi, à réticulum de nucléine avec nœuds, et à sa zone encore très mince de protoplasme clair et homogène. Dans la couche du tissu fibro-conjonctif se remarquent deux nids de noyaux intrapariétaux avec traces de divisions récentes.

La Pl. III, 18 représente la coupe très oblique du canal dont la Pl. III, 17 est la coupe à peu près perpendiculaire à l'axe. Ces deux coupes sont contiguës sur la préparation, et sont très probablement dues au trajet sinueux et aux circonvolutions du même canal. On y remarque des nids de blastème intrapariétaux à des degrés très divers de développement; et de plus dans les points *m* une série de coupes de petits rubans musculaires très réfringents

et très vivement colorés. Un des nids *g* offre ceci de remarquable qu'au lieu de faire saillie au dehors, il fait saillie vers la lumière du canal, et soulève la série des noyaux de l'épithélium en une courbe convexe vers l'intérieur. C'est donc un nid *centripète* ou *interne*, tandis que tous les autres faisant saillie vers l'extérieur sont plutôt *centrifuges* ou *externes*.

En *e* les noyaux du blastème sont en train de se diviser par clivage; en *f* cette division s'est effectuée depuis peu.

Dans le nid *c* se trouve un très gros noyau tendant à la forme sphérique, à réseau de nucléine avec petits nœuds.

L'épithélium interne offre quelques points intéressants. Les noyaux ont les caractères déjà décrits. Quelques-uns sont en train de se diviser. Les limites des corps cellulaires sont très fines, très délicates, mais s'aperçoivent nettement avec des objectifs suffisamment perfectionnés (1/12 imm. hom. Zeiss, 1/16 imm. hom. Leitz). On les voit bien plus nettement là où la couche de cellules est simple. A gauche et autour du nid centripète *g* de blastème, la couche épithéliale s'est compliquée par la division cellulaire ; mais là aussi on aperçoit dans le protoplasme des lignes plus ou moins circulaires indiquant la coupe des corps cellulaires.

Les corps cellulaires présentent çà et là des vésicules claires dont quelques unes renferment des groupes de granules. Dans la couche épithéliale se remarquent quelques noyaux *b b'* devenus volumineux, sphériques, et ayant une nucléine réticulée avec nœuds. Leur constitution est identique à celle du gros noyau signalé dans le nid *c* de blastème intrapariétal. Ces éléments ne sauraient être distingués.

Enfin en *a* se trouve un de ces noyaux de l'épithélium devenu gros et sphérique, mais ayant acquis le corps protoplasmatique propre qui en fait un protospermatoblaste ou spermatoblaste, exactement comparable à *b* de la Pl. III, 17 B.

L'analyse que nous venons de faire de ces deux préparations intéressantes, doit nous conduire à quelques propositions qu'il est bon de formuler avant d'aller plus loin.

Nous nous trouvons en présence d'une partie du ***tube testiculaire*** qui n'est pas, à proprement parler, le canal déférent, et qui n'est pas purement un canal excréteur. Ce dernier (Pl. IV, 9) en diffère notablement, par la constitution très nette de son épithélium, dont les cellules plus allongées sont très franchement délimitées, dont le protoplasme est plus granuleux, et par la présence d'une couche musculaire partout évidente. Les Pl. III, 17, 18 ont trait à une portion du tube ***testiculaire primitif***; et j'entends par là le tube du testicule très jeune, alors qu'il n'existe encore qu'un petit nombre d'acini, et tel que Grobben l'a observé chez un *Astacus* de $5^{cm},7$ de longueur. Ce tube est le tronc sur lequel se développeront les acini et les rameaux d'acini, par un mécanisme qui sera ultérieurement exposé. Les éléments qui constituent ce tube testiculaire sont donc un vrai stroma conjonctif et des ***éléments cellulaires*** encore non clairement différenciés et qui sont de ***véritables germes***, situés dans les lacunes du stroma. Ce stroma forme la paroi ou couche conjonctive du tube testiculaire. Elle est tapissée à sa face interne par des cellules à forme d'épithélium, à corps cellulaires mous, très finement granuleux, et à limites très peu visibles, quoique réelles. Dans les petites lacunes ou mailles de cette membrane ou paroi, les éléments cellulaires sont disposés sous formes de masses de blastème, le protoplasme qui entoure les noyaux ne présentant pas de trace de division. Notons bien que dans le stroma fibro-conjonctif il n'y a pas d'autres éléments nucléaires que les noyaux du blastème, et que ceux-ci peuvent être justement considérés comme les noyaux de ce stroma.

Il y a donc à distinguer dans les canaux testiculaires primitifs, outre le stroma fibro-conjonctif, l'***épithélium primitif*** ou ***germinatif*** et les ***noyaux du stroma qui donnent naissance aux masses ou nids du blastème***.

Nous voyons en outre que les noyaux des deux éléments sont identiques comme constitution et comme mode de division, que les uns et les autres se multiplient, puis grandissent, et deviennent sphériques, que leur élément nucléinien se dispose sous la forme d'un réticulum à nœuds, et qu'enfin ces noyaux acquièrent tous

les caractères des noyaux de spermatoblastes. Nous avons vu enfin quelques-uns de ces noyaux appartenant à l'épithélium primitif s'entourer d'une couche propre de protoplasme et former de véritables spermatoblastes.

Quant aux noyaux ou éléments intrapariétaux, ils donneront également naissance à des spermatoblastes, mais avec quelques nuances dans le processus qu'il importe de signaler. Ces éléments intrapariétaux représentent une phase de différenciation moins avancée que les éléments épithéliaux. Ils sont en prolifération si active qu'elle paraît absorber tout le travail de division et ne pas lui permettre d'atteindre le protoplasme. La nucléine y est sous forme de nébuleuse, à l'état pulvérisé, qui caractérise la préparation au clivage, tandis qu'elle présente chez la plupart des noyaux épithéliaux des condensations et des agglomérations très accentuées qui correspondent aux phases quiescentes.

Les noyaux intrapariétaux se multipliant rapidement forment chez *Astacus* de fortes saillies soit vers l'intérieur de la lumière du canal, soit vers l'extérieur. Ce dernier cas est de beaucoup le plus fréquent à cette époque précoce de la vie testiculaire, c'est-à-dire quand il s'agit du tube testiculaire primitif, parce que l'épithélium interne et la couche de tissu fibro-conjonctif sur laquelle il repose immédiatement, opposent le plus souvent une résistance à l'expansion centripète des noyaux, tandis que les lames conjonctives périphériques plus minces et libres cèdent plus facilement.

Les groupes centripètes sont alors très rares (Pl. III, 18 *g*) ; les groupes centrifuges sont très fréquents (Pl. III, 17, 18). La saillie des groupes centrifuges croît à mesure que les noyaux se multiplient, et bientôt le groupe ou nid forme à la surface du tube testiculaire une sorte de verrue ou de saillie comparable à celles de la Pl. III, 19. Cette saillie B constitue déjà un véritable acinus, mais non encore parfait. On y voit le blastème interne dont les noyaux sont en train de proliférer, et se divisent par la voie déjà décrite. Deux d'entre eux sont même en voie de division multiple. Mais en même temps la couche de tissu conjonctif qui sépare le nid

centrifuge de la cavité de A, dans l'épaisseur des parois de laquelle ce nid s'est développé, s'amincit et se réduit à une mince membrane *e* qui est appelée à se résorber et à disparaître. Ainsi l'acinus B sera mis en communication avec la cavité plus ancienne et plus avancée A.

Mais dans la paroi de B sont des noyaux qui formeront de nouvelles saillies, lesquelles joueront, par rapport à l'acinus B, le rôle que celui-ci a joué par rapport à l'acinus A. Cette dernière cavité A n'est pas en effet une portion directe du tube testiculaire primitif, mais un acinus déjà formé sur un point de ce dernier. Mais d'autre part dans la paroi de A se trouvent d'autres groupes de noyaux *bb* qui se développeront à leur tour en acini, et ainsi se constituera le testicule d'*Astacus* (Pl. IV. 7) dans lequel la forme tubulaire primitive est successivement altérée et masquée par le développement de saillies verruqueuses, s'ajoutant les unes aux autres, se surmontant, se pressant, et ayant un aspect racemiforme que l'on est loin de rencontrer au même degré chez tous les autres Crustacés décapodes.

Les noyaux du blastème de la Pl. III,19, quand ils se seront multipliés, subiront les modifications que présente si bien l'acinus A d'âge plus ancien. Certains noyaux prendront les caractères des noyaux des spermatoblastes, et s'entourant d'un corps cellulaire formeront de véritables spermatoblastes.

La destinée des noyaux des nids du blastème est donc identique à celle des noyaux de l'épithélium primitif; les uns et les autres sont appelés à se transformer en spermatoblastes.

La Pl. IV, 3 montre également une multiplication remarquable des noyaux intra-pariétaux, et la formation d'un nid saillant sur la paroi d'un acinus. Cette figure appartient au même *Astacus* que celles des Pl. III, 17, 18, 19; et je dois faire remarquer que chez cet animal les jeunes acini et les tubes primitifs présentaient un remarquable développement de la couche conjonctive.

Je viens de dire que chez tous les Crustacés décapodes autres que *Astacus* la forme acineuse ne se rencontrait pas générale-

ment aussi accentuée. Chez *Pagurus*, chez *Carcinus* et *Homarus*, le testicule est composé de tubes plus ou moins plissés en zigzag, et à la surface desquels se remarquent de légères saillies. Cela tient à ce que le blastème pariétal, au lieu de se développer sous forme de tubérosités et de masses verruqueuses comme chez le jeune *Astacus*, se développe au contraire sous forme de plaques étalées sur une étendue plus ou moins grande de la surface du tube testiculaire (Pl. III, 20).

Il en résulte des saillies beaucoup plus surbaissées (Pl. II, 22 chez le Homard, Pl. IV, 8 chez le Pagure), et des diverticules à base large, non pédonculés, qui ne se détachent pas assez de la surface du tube principal pour acquérir la forme acineuse.

Il convient d'ajouter que les acini testiculaires me paraissent susceptibles d'une autre origine, et qu'ils peuvent être dus à une prolifération locale de l'épithélium primitif. Car là se constituent des accumulations de cellules capables de produire une saillie excentrique et de devenir le point de départ d'un acinus. Je dois dire cependant que ce mode de formation de l'acinus ne m'a paru ni très fréquent ni très accentué.

Je viens d'exposer quelle est l'origine des premières masses de blastème et des premiers spermatoblastes qui paraissent dans un lieu donné de l'organe testiculaire. Il me reste à rechercher quelle sera l'origine des générations futures des nids blastématiques et des spermatoblastes.

Le tube testiculaire primitif et son épithélium germinatif sont peu à peu envahis par la formation de spermatoblastes, de culs-de-sac et d'acini ; et les traces de son existence se réduisent et disparaissent peu à peu. C'est donc à des sources quelque peu différentes *en apparence* que devront leur origine les spermatoblastes de l'avenir. Je dis, en apparence, car nous verrons que le fond reste le même et qu'il n'y a que des modifications de peu d'importance.

Je prends surtout l'*Astacus* pour type, mais avec l'intention d'étendre mes démonstrations aux autres Décapodes, en faisant

appel, dans ma démonstration, à des exemples puisés sur le testicule de ces animaux.

Le testicule d'*Astacus* et de tous les Crustacés décapodes possède deux membranes reliées par des tractus, l'une qui constitue l'enveloppe générale, et l'autre qui forme la membrane propre de l'acinus ou diverticule testiculaire : ces deux membranes sont constituées de manière semblable, et ne sont d'ailleurs pas absolument et partout distinctes et indépendantes, étant reliées par places l'une à l'autre par des tractus, des rubans, et étant même confondues sur certains points (Pl. I, 9; Pl. II, 23, etc.). L'enveloppe générale recouvre la totalité du testicule en pénétrant plus ou moins par l'intermédiaire de cloisons internes entre les acini ou les tubes testiculaires. Cette membrane dont on ne peut nier la nature conjonctive possède çà et là des noyaux aplatis, assez espacés et qui présentent parfois des phénomènes de division directe (Pl. II, 17). Au-dessous de l'enveloppe générale se trouve la ***membrane propre*** du tube ou de l'acinus testiculaire, membrane qui forme partout la paroi de l'acinus et sur laquelle reposent les éléments cellulaires qui forment le contenu de la cavité testiculaire. Cette paroi (Pl II, 18, *e, f*) qui ne paraît en rien différer comme nature de l'enveloppe générale et, qui comme cette dernière, semble former une lame ou membrane de tissu conjonctif, possède dans son épaisseur des noyaux aplatis qui ne diffèrent de ceux de l'enveloppe générale que parce qu'ils sont plus nombreux et qu'ils présentent beaucoup plus souvent des phénomènes de division directe. Dans l'une et dans l'autre membrane ces noyaux sont aplatis, allongés, le plus souvent de forme elliptique ou ovalaire, et sont formés d'une enveloppe évidente, d'un protoplasme hyalin qui se colore parfois assez facilement par le carmin et même l'hématoxyline, et de grains très réfringents et assez multipliés de nucléine ou chromatine qui se colorent toujours très vivement par les colorants sus-nommés et par le vert méthyle.

Dans l'une et dans l'autre membrane les noyaux sont situés dans une sorte de chambre aplatie, de forme lenticulaire, due à une sorte de clivage de la membrane, et qui renferme une quantité

généralement très faible de protoplasme clair et finement granuleux enveloppant le noyau et formant le corps de la cellule. Il suit de là que vers la face interne et vers la face externe du noyau se distingue une membrane qui sépare celui ci et son atmosphère de protoplasme, d'une part de ce qui est extérieur à l'acinus testiculaire, d'autre part du contenu de cet acinus (Pl. I, 1, 4, 5, 8, 9, 13; Pl. II, 1, 3, 4, 8, 17 *ef*, 22, 23, 25; Pl. III, 1, 4, 5, 6, 8, 19, 20; Pl. IV, 1).

Ces deux membranes, enveloppe générale et membrane propre de l'acinus testiculaire, ne sont certes pas des éléments nouveaux et sans analogues dans le tube testiculaire primitif. Ce sont les représentants du stroma fibro-conjonctif qui entourait le tube testiculaire, l'enveloppe générale correspondant aux lames, rubans et tractus externes excentriques si développés en Pl. III, 17, A, la membrane propre correspondant au contraire aux lames de même nature qui forment proprement l'étui conjonctif du tube testiculaire. Seulement une différence notable sépare la forme primitive épaisse et charnue de la forme aplatie et laminée des membranes du testicule adulte. Il ne reste plus en effet sur les acini qu'une membrane délicate, parfois extrêmement mince, dont l'aspect fibreux s'est effacé, mais dans laquelle se distinguent toujours des noyaux très aplatis, de telle sorte que le stroma du tube primitif a pris bien réellement la forme d'une membrane conjonctive parsemée d'éléments cellulaires où le noyau prédomine fortement sur le corps protoplasmique.

Si l'on suit avec soin sur des préparations assez nombreuses les modifications qui surviennent dans les noyaux qui appartiennent à l'enveloppe générale ou externe, on les voit se multiplier rarement, ne pas acquérir de nouvelles formes et rester plus ou moins isolés et dispersés à la surface du testicule. Pour ces noyaux, en effet, la multiplication, ***rare d'ailleurs sur l'adulte***, peut bien, suivant l'expression de Gilson, être en rapport avec l'***accroissement de l'organe entier***, et nullement avec la genèse des éléments spermatiques; mais il n'en est certainement pas de même pour les noyaux de la membrane propre de l'acinus ou du diverticule testi-

culaire. Voici en effet ce que l'on observe à leur égard. On voit ces noyaux se diviser par sténose, et former çà et là de petits couples de noyaux semblables en tout au noyau primitif (Pl. I, 4 *a*, 8 *a*, *b*, *c*, *d*, 13 *a*; Pl. II, 1 *a*, 2 *a*. *b*, *c*, 14 *a*, *b*, 25 *a*, *b*; Pl. III, *a*, *b*). Ces petits couples sont toujours situés dans un espace aplati provenant du dédoublement ou clivage de la membrane propre du testicule et renfermant une petite quantité de protoplasme autour des noyaux.

Ces couples peuvent présenter deux formes différentes de développement ultérieur. Tantôt en effet les deux noyaux, conservant leur situation respective, grossissent et tendent vers la forme sphérique avant de se segmenter de nouveau (Pl. I, 4 *a*, 8 *e*, *f*, *h*. 13 *b*, *c*; Pl. II, 2 *a*, *b*, *c*, 9, 14 *a*, 16 *a*). A côté même de ces couples se trouvent des noyaux isolés qui ne sont pas divisés, qui ont grossi, ont tendu vers la forme sphérique et font une saillie assez marquée vers la cavité testiculaire (Pl. I, 17 *a*, *b*, *c*; Pl. II, 9 *c*, *d*, 16 *b*); mais ces noyaux isolés sont relativement rares, et sont certainement pour la plupart, sinon tous, des noyaux ayant appartenu à un couple, et qui ont été séparés et éloignés récemment par un accroissement de la membrane propre due à sa distension par le développement du contenu de l'acinus. Ces noyaux isolés ou accouplés se segmenteront d'ailleurs ultérieurement par voie directe, par voie de pulvérisation de la nucléine.

Dans l'autre forme de développement de ces noyaux de la paroi propre, le processus de segmentation et de division l'emporte d'abord sur la tendance au grossissement des éléments; et par suite de divisions successives il se forme des groupes plus ou moins nombreux de petits noyaux aplatis et pressés les uns contre les autres (Pl. I, 1 *a*, 2 *a*, 4 *b*, *c*, 9 *a*; Pl. II, 14 *b*, 22 *a*; Pl. III, 4 *b*, *c*, 6).

Ces noyaux, après s'être multipliés en conservant leur forme aplatie et leurs faibles dimensions, grossiront plus tard et tendront à la forme sphérique.

De telle sorte que, dans les deux cas, il s'agit simplement d'une interversion de processus, la division l'emportant d'abord sur

l'accroissement en volume de chacun des éléments, ou réciproquement. Mais, quels que soient ces deux modes de développement, ils aboutissent l'un et l'autre au même résultat : la constitution de groupes ou nids de gros noyaux à forme plus ou moins sphérique. Le passage de l'état de noyaux aplatis minces et petits à l'état de gros noyaux sphériques s'accompagne de modifications dans le suc nucléaire et dans la nucléine.

Les noyaux petits et minces se colorent très vivement et ont l'aspect de masses homogènes au sein desquelles on distingue généralement un ou deux grains plus réfringents et plus colorés (Pl. I, 1 *a*, 2 *a*, 9 *a*; Pl. II, 14 *a*, *b*). On les dirait formés uniquement de nucléine massive ou tassée, avec un nucléole plus brillant; mais cet aspect est certainement dû, dans la plupart des cas, à l'abondance des grains nucléiniens qui occupent si bien toute la capacité du noyau que le caryoplasme ne peut être distingué et qu'on peut se demander parfois s'il ne s'agit pas d'un noyau homogène et massif. Quand le noyau grossit, les grains de nucléine deviennent plus distincts et plus indépendants ; le suc nucléaire est devenu aussi plus abondant et plus facile à constater. Ces noyaux plongés dans une masse de protoplasme indivise constituent donc de vrais nids de blastème exactement semblables à ceux que nous avons observés dans l'épaisseur de la paroi du tube testiculaire primitif. Ce sont donc des ***nids intra-pariétaux***.

Ce qu'il importe fort de noter, en effet, et ce sur quoi j'insiste tout particulièrement, c'est que les nids, qu'ils soient formés de petits noyaux aplatis, ou bien de gros noyaux quasi sphériques, sont toujours très bien délimités intérieurement et extérieurement par des membranes qui proviennent du clivage de la membrane propre du testicule (Pl. 1 *a*, 2 *a*, *b*, 4, 9, 11, 12, 17 *a*, *b*, *c*; Pl. II, 14 *b*, *c*, 15 *a*, *b*, 16 *a*, *b*, 21 *a*, 23 *a*). Je n'ai pas besoin d'insister sur la membrane externe ; elle ne sera contestée par personne et restera la membrane propre de l'acinus. Quant à la membrane interne, je ne puis douter un instant de son existence, et il est dans la plupart des cas très facile de la constater. Cela est particulièrement aisé dans les cas comme celui de la Pl. II, 14,

où le contenu du tube testiculaire ayant été évacué ou arraché, la membrane interne reste isolée et se dessine nettement. Dans le cas actuel la membrane se révélait non seulement par son contour très net sur la coupe, mais encore par une coloration très accentuée. La pièce avait été fixée d'abord par la liqueur de Ripart et Petit, puis mieux fixée par la solution aqueuse saturée de bichlorure mercurique additionnée de 5 % d'acide acétique, et durcie par la série ascendante des alcools à 50°, 70°, 80°, 90° et 100°. Enfin elle avait été incluse dans la paraffine et coupée au 1/200 de millimètre. Les coupes fixées sur le porte-objet à l'aide de la solution albumineuse avaient été colorées d'abord par le carmin boraté de Grenacher qui avait donné une fort belle élection, et enfin elles avaient été plongées dans une solution alcoolique de carmin d'indigo qui avait bien coloré les protoplasmes et les membranes. Or la membrane interne du nid *c* était aussi fortement colorée que la membrane externe, quoiqu'elle fût plus mince, et elle se distinguait par sa coloration plus intense du protoplasme du nid blastématique. Dans les Pl. I, 8, 11, 12; Pl. II, 1, 2, 15, 16, 18, 19, 20, 23, cette membrane interne est on ne peut plus évidente. On l'aperçoit clairement dans les cas où la paroi a été détachée du contenu du tube testiculaire, comme par exemple Pl. III, 16 *a*, *b*, 20, et dans la fig. 21 appartenant à un *Pagurus striatus* du mois de juin. En *a* la membrane interne séparée du protoplasme du blastème se distinguait admirablement. Mais il est des cas où son évidence ressort encore très nettement; ce sont les cas où une série de générations de noyaux se recouvrent de dedans en dehors en forme de croissant, et forment ainsi des groupes imbriqués d'âges différents comme dans les Pl. I, 2, 4; Pl. II, 23; Pl. III, 22.

Ici quelques mots d'explication sont nécessaires: Quand un noyau de la membrane propre du testicule se met à proliférer, il se produit, ainsi que je l'ai dit, un clivage de la membrane; ou plutôt le clivage qui existait déjà, mais restreint au point où se trouvaient le noyau mère et sa petite atmosphère de protoplasme, ce clivage, dis-je, s'étend de manière à faire de la place aux noyaux de

nouvelle formation, et au nid qui résulte de leur prolifération Dans ce cas, il se manifeste donc deux membranes, l'une interne et l'autre externe.

Ces clivages s'étendent parfois à des surfaces très étendues des acini ou des lobes testiculaires; et il en résulte des lames de protoplasme dans lesquelles sont répandues irrégulièrement les groupes de noyaux. Les Pl. IV, 4, 5, 6 sont très instructives à cet égard. Elles représentent des membranes d'acini dont les cavités sont remplies de spermatoblastes qui vont subir la cinèse ou qui la subissent déjà. Sur la fig. 6 on remarque les membranes tantôt séparées, tantôt réunies en une membrane unique. Cette figure prise sur un *Astacus* du 23 août, c'est-à-dire au moment de la grande activité testiculaire, et alors que les nids de blastème de la saison suivante se séparent, prouve clairement que le protoplasme s'accroît et s'étale en même temps que les noyaux se multiplient.

Chacune de ces deux membranes peut conserver à son tour dans son épaisseur, même un ou plusieurs petits noyaux aplatis, qui joueront vis-à-vis d'elle le même rôle que jouaient les premiers noyaux vis-à-vis de la membrane propre avant toute modification. Ces noyaux réservés, et qui ne prendront pas part au développement des autres noyaux du nid actuel se rencontrent très fréquemment dans l'épaisseur de la membrane externe. Ils sont appelés à fournir là une seconde génération de noyaux qui formeront ainsi un nouveau nid distinct du premier et représenteront une nouvelle génération.

Il résulte de là des formations successives qui s'emboîtent, s'imbriquent, et qui sont séparées par des membranes plus ou moins nettes. C'est ce que l'on voit clairement sur les Pl. I, 2 et Pl. III, 22, qui montrent deux nids imbriqués de noyaux représentant deux générations successives l'une externe très jeune, l'autre interne plus avancée. On distingue nettement une limite membraneuse entre ces deux nids, et une membrane interne qui délimite le nid interne. Dans la Pl. I, 4, cette succession de nids de noyaux se voit également d'une manière fort nette ; et l'on distingue au moins trois générations d'éléments, les noyaux de la membrane propre

commençant à se diviser, les noyaux du blastème déjà gros de la seconde génération, les noyaux accouplés du blastème de la troisième génération et les spermatozoïdes. Entre la première et la deuxième génération, entre la deuxième et la troisième s'aperçoit une limite membraneuse fort nette. Entre la troisième et la quatrième il n'en est pas de même, ce qui peut tenir à plusieurs causes. Il est possible en effet (et j'y reviendrai plus tard) que les gros noyaux accouplés ne soient que des représentants attardés de la génération qui a produit les spermatozoïdes situés au centre de la cavité. Mais je dois ajouter que la membrane qui tapisse intérieurement les nids tend le plus souvent à s'atténuer et à s'effacer à mesure que grandissent et se multiplient les éléments cellulaires qu'elle recouvre. Cependant on en trouve parfois encore des traces dans la partie centrale d'acini testiculaires dans lesquels les éléments spermatogènes se sont fortement développés et multipliés (Pl. I, 11, 12, 17).

Je renvoie encore le lecteur aux Pl. I, 9 et Pl. II, 23 où l'on voit nettement à la fois les noyaux de *réserve* restés dans la membrane propre externe, et la membrane qui tapisse à l'intérieur les nids du blastème ou germes de remplacement.

Ces faits-là frapperont l'œil de tout observateur qui tournera son attention de ce côté ; et je les considère comme très certains. Mais on pourrait m'objecter qu'il s'agit là pour moi d'une illusion d'optique, si d'autres faits plus palpables et d'une netteté, d'une objectivité éclatantes ne venaient leur apporter une démonstration qui me paraît peu réfutable. J'ai dit que chacune des membranes, l'externe comme l'interne, pouvait conserver dans son épaisseur après le clivage un ou plusieurs des noyaux très minces qui résultent des premières segmentations. Or s'il est vrai que c'est surtout dans la membrane externe que ces noyaux s'observent le plus souvent, on les observe aussi fort bien dans la membrane interne; et ce qu'il y a à la fois de frappant et de démonstratif, c'est que ces noyaux de *réserve* qui restent engagés dans la membrane interne sont susceptibles de présenter les mêmes phénomènes que ceux de la membrane externe, c'est-à-dire que comme ces derniers ils peuvent se segmenter, se multiplier, grossir et former des nids

qui auront pour effet de produire ainsi un clivage correspondant de la membrane interne (Pl. I, 5; Pl. II, 3, 4, 6, 15, 22). La présence de la membrane interne ne saurait être niée dans ces cas où elle se montre portant des noyaux dont la constitution et le rôle identiques à ceux des noyaux de la membrane externe, sont bien propres à démontrer l'identité de nature et d'origine de ces deux membranes. D'ailleurs dans la Pl. II, 3, 4, 22, on voit clairement, au point où la cloison interne nucléée se continue avec la membrane propre externe, on voit clairement, dis-je, les membranes interne et externe se fondre en une seule membrane dont elles représentent le dédoublement.

Les observations qui précèdent me paraissent appuyer singulièrement l'idée que j'ai émise sur l'origine des noyaux du blastème, mais il est un argument qui me paraît compléter la démonstration. Il est tiré de la présence assez fréquente de ce que j'appellerai les *noyaux ou nids excentriques ou centrifuges*. L'on trouve assez souvent en effet sur la surface convexe des acini ou des diverticules testiculaires, des noyaux qui forment une saillie extérieure très marquée comparable à celle que nous avons observée Pl. III, 17, 18, sur le tube testiculaire primitif, et qui sont en réalité une sorte de proéminence verruqueuse placée en dehors de la cavité testiculaire. Ces noyaux peuvent être aperçus très nettement soit sur le profil des acini observés directement au microscope, soit sur les coupes, qui permettent de se rendre un compte plus exact des relations de ces noyaux avec le contenu de la cavité glandulaire. Ces noyaux sont ou bien isolés, ou le plus souvent en nombre plus ou moins important et constituant par conséquent des nids centrifuges. On voit des exemples de cette disposition dans les Pl. I, 2 *a*, 8 *i*, 10 *a*, *b*; Pl. II, 9 *b*, 15 *a*, *b*, 16 *a*, *b*, 21 *a*, 22 *b*. Sur les coupes on voit clairement que les noyaux excentriques ou les nids qui leur correspondent sont séparés du contenu de la cavité testiculaire par une membrane dont l'existence ne peut être niée. La conformation des noyaux, leur accumulation en nids à protoplasme commun, démontrent clairement qu'ils ne sauraient être distingués des noyaux et des nids du blastème de rempla-

cement, et d'ailleurs on peut constater que ces noyaux sont appelés comme ceux du blastème interne à se transformer en spermatoblastes, ainsi qu'on le constate dans la Pl. II, 22, où quelques gros noyaux du blastème excentrique ont acquis une couche propre de protoplasme qui en fait des cellules parfaites.

La Pl. III, 19, dont j'ai déjà parlé est un exemple très remarquable de nids centrifuges puisqu'elle en présente *b b* à la surface de l'acinus A, et que le grand nid B, déjà transformé en acinus excentrique par rapport à l'acinus A, porte sur ses parois toute une série d'acini excentriques *b' b' b' b'*. Partout la membrane interne est sur ces nids excentriques aussi parfaitement évidente que l'externe; et la cloison amincie *e* qui sépare A de B n'est autre chose que la membrane interne séparant l'acinus B de l'acinus A, et destinée à disparaître par résorption. La Pl. IV, 3 est également un exemple très démonstratif des nids centrifuges.

Il n'y a, me semble-t-il, qu'une interprétation possible de ces formes que l'on observe assez fréquemment. On ne peut réellement songer à attribuer l'origine de ces éléments à des noyaux situés primitivement dans le blastème de Grobben ou plasmodium de Gilson qui est censé être dès le début situé dans la cavité de l'acinus. On ne comprendrait pas, en effet, pourquoi leur accroissement de volume et de nombre déterminerait une saillie externe plutôt qu'une saillie interne ; et cela d'autant plus que ces formes saillantes à l'extérieur se rencontrent le plus souvent sur des acini qui possèdent également des noyaux de la paroi ou des nids de blastème qui ne sont pas saillants au dehors, ou qui même font saillie vers la cavité testiculaire. On les remarque également dans des cas où la cavité testiculaire n'est certes point entièrement bourrée d'éléments qui forcent les noyaux du prétendu plasmodium interne à chercher au dehors l'espace nécessaire à leur développement. C'est ainsi que la Pl. I, 8, représente un acinus dont la cavité est en partie vidée des spermatozoïdes qui la remplissaient, et qui ont laissé un squelette vacuolaire formé par un protoplasme granuleux et caduc dont je discuterai plus tard l'origine et la signification. Est-il, d'ailleurs, nécessaire de répéter que la membrane

qui sépare nettement les nids excentriques des éléments appartenant réellement à la cavité testiculaire ne permet pas de regarder les noyaux excentriques comme ayant appartenu d'abord au contenu de cette cavité ?

L'origine intratesticulaire de ces noyaux excentriques une fois repoussée, il ne reste, je le répète, qu'une manière rationnelle d'en comprendre l'origine et le développement. Cette manière, la voici :

Les noyaux petits et aplatis de la membrane propre du tube testiculaire ou de l'acinus sont les analogues, les représentants adultes des noyaux plus volumineux, plus plantureux et à caractère embryonnaire plus accentué compris dans les mailles de la paroi du tube testiculaire primitif. Ils en sont les représentants réduits à des dimensions et à une forme en harmonie avec les caractères plus différenciés et l'activité nutritive moindre des tissus de l'adulte. Comme les noyaux primitifs, les noyaux secondaires et adultes sont susceptibles à un moment donné de grossir, de tendre vers la forme sphérique et de se diviser. Ces noyaux entourés d'une mince sphère de protoplasme sont situés dans une cavité testiculaire qui semble formée par la délamination, le clivage de la membrane propre. Dans un certain nombre de cas, relativement rares, l'accroissement de volume résultant soit du grossissement des noyaux, soit de leur multiplication, se fait vers la face interne de la membrane ; et il en résulte une saillie vers la cavité testiculaire. C'est le cas que nous venons d'examiner précédemment à propos des nids et des noyaux internes ou centripètes. Mais dans d'autres circonstances, de beaucoup les plus fréquentes, les noyaux et les nids font au contraire saillie au dehors et forment les noyaux et les nids centrifuges ou externes.

Les causes qui déterminent la présence de l'une ou de l'autre forme peuvent être diverses. Il est possible que la résistance plus ou moins grande des éléments qui remplissent l'acinus ait quelque influence sur ce développement des noyaux vers l'extérieur ou vers l'intérieur de l'acinus. Une cause principale de ces deux dispositions me paraît résider aussi dans le degré relatif de résistance

des deux parois de la cavité lenticulaire qui renferme les noyaux et les nids. Si la paroi externe est plus résistante, l'accroissement de dimensions se fait vers l'intérieur ; si c'est au contraire la paroi interne qui offre le plus de résistance, le développement se fera au dehors et donnera naissance aux noyaux et aux nids centrifuges.

Les noyaux centrifuges se multiplient comme les noyaux internes par division directe, par voie de pulvérisation de la nucléine et par clivage. Ils commencent par une division binaire (Pl. II, 9 *a*, 16 *a*). Puis chacun de ces noyaux se divise lui-même ; et de là résultent des nids plus ou moins saillants ou centrifuges (Pl. I, 2 *a*, 8 *i*, 10 *b*; Pl. II, 15 *b*, 22). Ces nids grandissent, leurs éléments nucléaires se multiplient et grossissent, tandis que la masse commune de protoplasme au sein de laquelle ils sont noyés s'accroît progressivement; et il en résulte sur la convexité de l'acinus ou du tube testiculaire la formation d'une nouvelle saillie, qui équivaudra à un nouvel acinus ou à un nouveau diverticule de la cavité testiculaire. C'est ainsi que se fait l'accroissement du nombre des acini ou des diverticules de la glande sexuelle, et par conséquent l'accroissement de l'organe lui-même. On en peut juger par l'examen de la Pl. II, 22, où la saillie de nouvelle formation a déjà acquis des dimensions importantes, et est limitée au dedans et au dehors par des parois membraneuses, dans lesquelles se développent et se multiplient les éléments nucléaires qui leur appartiennent, et qui subiront les mêmes évolutions que ceux du diverticule *b*.

Nous avons déjà vu que la forme du testicule dépend d'ailleurs directement de la forme que prennent les nids excentriques de blastème, soit sur le tube testiculaire primitif, soit sur les acini ou diverticules déjà formés. Mais ajoutons que la forme de ces nids dépend du sens dans lequel se fait la division des noyaux du blastème.

Si la division se fait dans des sens divers, comme cela a lieu assez souvent chez *Astacus*, Pl. III, 19, B, le groupe se développe et croît sur un espace restreint, ce qui lui donne la forme d'une tubérosité très saillante et finalement d'un acinus.

Mais au contraire chez *Pagurus*, sur *Carcinus*, *Dromia*, *Palinurus*, *Maia*, etc., la division des noyaux du blastème se fait d'abord et surtout suivant un plan perpendiculaire à la surface du tube testiculaire, de telle sorte que le groupe des noyaux s'étale sur un plan étendu (Pl. II, 22 *a*, 24; Pl. III, 15, 20), qui fait à peine saillie à la surface du tube testiculaire.

Plus tard seulement ces noyaux disposés en une couche unique se divisent un petit nombre de fois suivant un plan perpendiculaire au premier, d'où résulte un faible accroissement d'épaisseur de la couche du blastème. Aussi celle-ci présente-t-elle sur la coupe la forme de croissants, plutôt que de triangles (Pl. I, 17; Pl. II, 5. 23; Pl. III, 21). Ajoutons que ce sont là des tendances générales, mais qui n'ont rien d'absolu, et qu'on retrouve chez *Astacus* des nids aplatis en croissant (Pl. I, 4, 11, 12) et chez *Pagurus* et chez d'autres Décapodes des nids saillants rappelant plus ou moins le grain acinien (Pl. II, 22; Pl. III, 15). Les Pl. IV, 7, 8 sont d'ailleurs en relation avec ces nuances. Les nids en croissant correspondent à l'agrandissement d'un acinus ou d'un diverticule déjà formé précédemment; les nids en verrue correspondent plutôt à la formation de nouveaux acini.

Il est d'autres considérations qui parlent fermement en faveur des vues que j'expose ici, et contre la théorie de Gilson que je discuterai ultérieurement.

C'est ainsi qu'à certaine phase, d'ailleurs assez courte, du développement des éléments sexuels, il arrive que l'on trouve les acini du testicule composés uniquement: 1° d'une paroi membraneuse propre à petits noyaux aplatis; 2° de grandes cellules ou spermatoblastes qui en remplissent la cavité. Au centre se trouvent généralement des spermatozoïdes qui n'ont pas encore été évacués. Mais à la face interne de la membrane testiculaire on ne trouve pas cette quantité de plasmodium ou de blastème qu'exigerait la théorie de Gilson pour la formation de la génération suivante d'éléments sexuels. Dans une phase plus avancée au contraire la face interne de cette même membrane propre présente sur une étendue variable des plaques lenticulaires de noyaux blastématiques dont

on ne saurait expliquer l'origine qu'en s'en rapportant aux données que j'expose ici.

Avant de faire connaître et de discuter les idées émises par Grobben et Gilson sur l'origine du blastème et des spermatoblastes, je dois appeler l'attention sur un fait qui peut être et qui a été la cause de fausses interprétations.

Si l'on jette les yeux sur les Pl. I, 1, 5; Pl. II, 4, 8, 12, 15, 21; Pl. III, 1, 6; Pl. IV, 1 on verra à côté et entre des spermatoblastes bien développés des noyaux restés avec leurs caractères de noyaux primitifs et sans atmosphère propre de protoplasme. Ce sont des noyaux provenant soit de l'épithélium primitif germinatif, soit d'un nid de blastème antérieur, et qui au lieu de se développer en spermatoblastes en même temps que leurs congénères, sont restés en retard, ont atteint ainsi l'arrière saison, et sont entrés dans une phase stationnaire pour se développer ultérieurement. Ce sont là des nids restreints et tardifs de blastème, véritables nids de l'*arrière-saison* qu'il faut bien se garder de confondre avec les ***grands nids*** provenant des noyaux interpariétaux.

Tandis que ceux-ci pourvus d'une grande puissance de multiplication donnent naissance à des acini, ou à des protubérances considérables, les ***nids tardifs***, simples restes d'un nid ancien, noyaux dont le pouvoir multiplicateur est presque épuisé ou suspendu, produisent seulement quelques noyaux filles qui sont directement plongés dans la lumière de l'acinus au milieu des éléments (deutospermatoblastes ou spermatozoïdes) qui représentent un stade plus avancé du processus de spermatogenèse. Aucune trace de membrane ne les sépare en effet de ces éléments plus avancés provenant de la modification de leurs congénères. Le futur et vrai nid de blastème destiné à fournir une nouvelle et importante génération de spermatoblastes se développera comme la génération précédente dans la membrane propre de l'acinus ou tube testiculaire.

Je viens d'exposer la manière dont je conçois l'origine des spermatoblastes, et l'origine du blastème.

J'ai particulièrement insisté sur ce dernier point, et j'ai développé longuement les faits sur lesquels je m'appuyais. J'ai dû le faire pour renverser des idées erronées, et pour réfuter des objections dont le lecteur trouvera l'exposé et la critique dans les notions historiques qui vont suivre.

Je ne connais que trois naturalistes qui se soient préoccupés de la question de l'origine du blastème, Grobben[1], en 1878, moi-même[2], en 1885, et plus tard Gilson[3], en 1886.

Nous avons vu que Grobben distingue dans l'épithélium du testicule deux sortes d'éléments, les spermatoblastes et la masse *indivise* de protoplasma, dans laquelle sont situés des noyaux de forme et de dimensions variées qui *sont enclavés* (eingepfercht) *isolément ou par groupes entre la base des spermatoblastes* qui les compriment et influent sur leur forme. C'est là le blastème de remplacement ou blastème proprement dit (Ersatzkeimlager oder das eigentliche Keimlager), dont les noyaux sont les germes de remplacement (Ersatzkeime) appelés à eux seuls à fournir la future génération de spermatoblastes.

Donc pour Grobben les noyaux ou germes de remplacement ne sont au fond que des *éléments épithéliaux* du testicule dont le protoplasme commun forme une *masse indivise*. Grobben ne *dit pas un mot* de la cause, ni de la nature de cette disposition tout au moins très étonnante pour un épithélium.

Voilà quelle est l'opinion de Grobben; mais il faut reconnaître que cet auteur n'a pas soupçonné l'origine intrapariétale des nids de blastème. Il a confondu les nids de l'arrière-saison formés de noyaux retardataires plus ou moins épars, avec les grands nids massifs de la saison, et a considéré à tort ces derniers comme résultant de la multiplication des noyaux rares et épuisés des nids de l'arrière-saison.

[1] Grobben; *loc. cit.*

[2] Sabatier; *Sur la Spermatogenèse des Crust. décapodes* (Comptes rendus de l'Institut, 9 février 1885).

[3] Gilson; *loc. cit.*

Et cependant Grobben a observé et dessiné des formes identiques à celles que j'ai observées moi même. C'est ainsi que la fig. 4 de la Pl. V de son Mémoire représente un nid de blastème de *Paguristes maculatus,* limité par une membrane externe et une membrane interne plus délicate. Ce nid, qui a la forme étalée des Pagurides, peut être rapproché de nos Pl. I, 9, 17; Pl. III, 16, 20.

En outre Grobben a dessiné, fig. 9, Pl. V de son travail, une portion de testicule très peu avancé d'une jeune écrevisse n'ayant que 3^{cm},7 de longueur dans laquelle, dit-il, le testicule n'avait encore qu'un petit nombre d'acini, qui étaient presque tous *uniquement* tapissés par une *seule espèce* (einerlei) d'éléments qui étaien semblables aux germes de remplacement (diese gliechen den Ersatzkeimen). Cette figure correspond à l'acinus B de ma Pl. III, 19, dans lequel la division nucléaire serait plus avancée. C'est un vrai nid de blastème de la *saison* de la reproduction. Je considère au contraire les fig. 2, 3, Pl. V de Grobben comme représentant des nids restreints de l'*arrière saison.*

Gilson a observé comme Grobben le blastème de remplacement auquel il a préféré donner le nom de plasmodium. Il se borne à dire que la cavité de l'organe mâle contient à *un moment donné* une masse de protoplasme indivise, véritable plasmodium renfermant de nombreux noyaux. Mais il avoue que *sur son origine première* il manque d'*observations personnelles*, et s'en rapporte pour cela à l'opinion de Grobben qu'il a évidemment mal interprétée. D'après lui, Grobben aurait « trouvé dans un individu très jeune (*Astacus,* déjà cité) les acini constitués par une *simple couche de cellules* tapissant la membrane propre, et *dépourvus par conséquent de plasmodium*; celui-ci *dériverait de la fusion de ces cellules primitives* ».

Il y a loin des assertions de Grobben à celles que lui prête Gilson. Grobben dit en réalité qu'il a observé chez un jeune *Astacus* de 3^{cm},7 de longueur, un testicule qui n'avait encore qu'un petit nombre d'acini, et que ceux-ci étaient presque tous *uniquement* tapissés d'une *seule espèce* (*einerlei*) d'éléments (et non d'une

simple couche, comme le dit Gilson), *qui étaient semblables aux germes de remplacement* «diese gliechen den Ersatzkeimen [1] ». Il n'est donc pas exact de dire que les acini étaient *dépourvus de plasmodium*, puisque Grobben affirme au contraire qu'ils n'étaient tapissés que par des germes de remplacement qui ne sont autre chose que du plasmodium. Grobben ne parle d'ailleurs en aucune manière d'une origine du plasmodium par *fusion de cellules primitives* qui tapisseraient les jeunes acini. Pour lui, en effet, le contenu des jeunes acini aurait dès le début consisté en germes nucléaires noyés dans une masse indivise de protoplasme qui n'a par conséquent pas besoin d'être fusionnée. La fusion des cellules primitives des acini testiculaires est donc une opinion entièrement propre à Gilson, et à la paternité de laquelle Grobben n'a aucune part. La figure de Grobben (Pl. V, fig. 9) aussi bien que son texte ne laissent d'ailleurs aucun doute à cet égard, car elle représente nettement un nid de noyaux plongés dans une masse commune de protoplasme qui ne montre aucune trace de division. J'ajoute en outre que Gilson s'est aussi bien mépris sur la portée que Grobben a voulu donner à son observation. Le but de Grobben, en effet, est de démontrer l'origine des spermatoblastes par l'évolution des germes de remplacement, et non l'origine de ces germes ou plasmodium par l'évolution de cellules tapissant primitivement les acini testiculaires. Au fond, sur cette question de l'origine du blastème, Grobben s'est borné à constater son *existence précoce* sans remonter plus haut, et sans approfondir davantage la question ; et Gilson, croyant (mais *à tort*) interpréter la pensée de Grobben, a émis sur l'origine du plasmodium une opinion qui repose sur une observation de Grobben qui n'existe pas en réalité, et que Gilson dit lui-même n'avoir pas eu l'occasion de renouveler. Je déclare n'avoir jamais dans mes très nombreuses observations rien remarqué dans les testicules des Crustacés décapodes qui pût être considéré comme ce phénomène de *fusion de cellules* dont parle Gilson. J'ai observé des phénomènes de destruction, d'altération

[1] Grobben ; *loc. cit.*, pag. 18-19. Grobben souligne lui-même les mots que je cite.

des corps cellulaires, ainsi que cela sera exposé plus loin, mais non leur fusion dans le sens exact du mot. Gilson invoque un autre fait en faveur de cette origine du plasmodium: c'est «sa continuité vers le bas des tubes testiculaires ou vers la queue des acini, avec la couche épithéliale qui tapisse la ***portion déférente et inactive*** de l'organe mâle».

Mais il faudrait ici faire des distinctions importantes. Il est, en effet, des cas où le plasmodium ou blastème se continue naturellement et dès l'abord avec la couche épithéliale de la portion ***déférente et inactive*** du testicule. Ce sont les cas, par exemple, où il s'est formé des nids de l'arrière-saison, ou mieux encore, lorsqu'il se forme des spermatoblastes au sein de l'épithélium du tube testiculaire primitif, et que, comme nous l'avons vu (Pl. III, 17, 18), la multiplication des noyaux de l'épithélium peut donner une ***apparence*** de plasmodium, mais seulement une apparence, ainsi que nous l'avons constaté (Pl. I, 10; Pl. III, 18).

Dans les cas de nids de blastème intrapariétaux, quand le nid est jeune et les noyaux peu volumineux, on voit bien qu'il n'y a pas continuité entre lui et l'épithélium (Pl. I, 11); mais on conçoit que les noyaux du blastème grossissant et devenant saillants au dedans et au dehors, alors que les éléments déjà contenus dans l'acinus sont expulsés, il puisse y avoir une sorte de continuité entre l'épithélium et le blastème. Mais c'est là une continuité acquise et secondaire. On voit donc qu'il faut distinguer les cas, et que l'argument de Gilson n'a ni la signification, ni la portée que lui prête cet auteur. Sa faiblesse devient surtout frappante, lorsqu'on considère un nid de blastème excentrique à ses débuts (Pl. I, 10; Pl. III, 18).

En résumé, donc, Gilson s'est trompé en considérant le blastème de remplacement ou plasmodium comme dérivant de la fusion des cellules épithéliales primitives des acini testiculaires. Comme Grobben, il n'a pas distingué les nids d'origine intrapariétale des nids provenant de l'épithélium primitif.

Dans ma note déjà citée [1], j'avais, en 1885, émis très laconi-

[1] A. Sabatier; Comptes rendus de l'Institut, 9 février 1885.

quement mon opinion sur l'origine des noyaux du blastème. Depuis lors, j'ai poussé plus loin l'analyse du phénomène sans modifier le fond de ma première assertion, que je vais citer d'ailleurs textuellement pour discuter le jugement que Gilson a porté sur elle.

Voici en quels termes j'avais formulé mon opinion : « Chez les *Astacus* notamment, on voit au début *quelques-uns des noyaux aplatis de la paroi conjonctive du cul-de-sac testiculaire se segmenter* par une voie *directe*, puis *grossir*, *devenir sphériques*, et faire *saillie* dans la cavité du cul-de-sac ».

Les considérations qui ont précédé ont permis, je l'espère, de juger de la justesse de ma première opinion, devenue aujourd'hui plus complète et plus étudiée.

Voici cependant en quels termes la juge Gilson : « Quant à l'opinion de Sabatier, dit-il [1], qui rapporte leur origine (des métrocytes ou spermatoblastes) aux cellules de la membrane propre du testicule, elle *n'est évidemment pas soutenable*. Si ces « cellules conjonctives » se divisent, ce phénomène ne peut avoir de rapport qu'avec l'agrandissement de l'organe entier, et nullement avec la genèse des éléments spermatiques. Cet auteur ne s'est du reste pas attaché spécialement à rechercher l'origine des premières métrocytes. Pas plus que Hallez, il n'a observé le plasmodium qui leur donne naissance ».

Il est vrai que dans ma courte note à l'Académie des Sciences je n'ai pas insisté sur la formation que Gilson désigne comme plasmodium, mais j'ai parlé des *noyaux aplatis de la paroi conjonctive du cul-de-sac testiculaire*, que l'on voit se *segmenter par voie directe*, *puis grossir*, *devenir sphériques et faire saillie dans la cavité du cul-de-sac*. Ce sont bien là, si je ne me trompe, les éléments du plasmodium, et, pour moi, aujourd'hui comme à l'époque de la publication de ma note, ces éléments résultent de la multiplication par voie directe et du développement des éléments cellulaires de la paroi conjonctive des acini testiculaires.

[1] Gilson ; *loc. cit.*, pag. 132.

Quant au reproche d'avoir rapporté l'origine des métrocytes aux cellules de la membrane propre du testicule, et de ne m'être pas attaché spécialement à rechercher l'origine des premières métrocytes, l'étude que je vais faire du développement des protospermoblastes (spermatoblastes de Grobben, premières métrocytes de Gilson) y répondra suffisamment.

Grobben [1], qui le premier a eu une vue nette et juste du contenu des acini testiculaires, s'est aussi le premier préoccupé de l'origine des spermatoblastes. Après avoir, comme je l'ai exposé précédemment, distingué dans l'épithélium du testicule deux sortes d'éléments, les grandes cellules ou spermatoblastes, et les germes de remplacement, Grobben avance que chez tous les décapodes le remplacement et la formation des spermatoblastes se font de la même manière. Il la décrit particulièrement chez *Astacus fluviatilis*.

En dirigeant fidèlement son attention sur les éléments contenus dans les acini, il a pu suivre exactement les stades qui conduisent des uns aux autres et constater leur filiation.

Dans la couche de blastème il distingue des noyaux plus grands que les autres. Le protoplasme de cette couche est à cette époque riche en amas granuleux qui sont entraînés autour des spermatoblastes grandissants.

« Dans l'intérieur des acini les cellules séminales ont atteint la la phase de formation de la tête du spermatozoïde ; et les noyaux qui se distinguaient déjà par leur volume ont acquis une grosseur remarquable. Ces gros noyaux se divisent vraisemblablement et se sont certainement déjà divisés antérieurement. Dans la masse indivise de protoplasme il se forme des grains brillants. Bientôt cependant les *portions de protoplasma* qui entourent les plus gros noyaux *cessent de produire de ces grains*, et par là se fait la *première séparation* d'une partie de la masse commune de protoplasme, comme corps cellulaire du spermatoblaste. Ces parties se

[1] Grobben ; *loc. cit.*, pag. 16.

caractérisent de plus en plus comme cellules indépendantes ; leur protoplasme devient hyalin et leur noyau s'arrondissant se rapproche de l'état parfait. Ainsi sont formés de nouveaux spermatoblastes, et le processus ci-dessus décrit recommence de nouveau. »

« Par conséquent il est suffisamment établi que la masse de protoplasme parsemée de noyaux située sous les spermatoblastes pourvoit au remplacement des spermatoblastes disparus, et doit être désignée par suite comme blastème de remplacement, ou comme blastème proprement dit. Le remplacement des spermatoblastes résulte donc de ce que certains noyaux atteignent une grosseur notable et de ce qu'une *portion du protoplasme* du blastème *se délimite* autour d'eux comme corps cellulaire. Cette dernière partie a cessé de sécréter des grains brillants. Les noyaux plus petits, qui probablement se multiplient par division, restent comme *futurs matériaux* de remplacement. »

« Chez les Décapodes une quantité de spermatoblastes se produit à des intervalles déterminés. On peut, dans un acinus de *Pagurus* par exemple, distinguer sur la coupe transversale plusieurs couches de spermatoblastes qui, placés au voisinage de la couche du blastème, sont déja entrés en division, tandis que les cellules séminales (ou spermatocytes) placées plus loin, forment déjà la tête du spermatozoïde. Enfin suivent les spermatozoïdes mûrs. »

« Il résulte de cette théorie de la régénération des spermatoblastes par les germes de remplacement, qu'il n'existe pas entre ces deux éléments une distinction primitive, mais seulement secondaire. C'est ce que démontrera aussi l'étude du développement. Si une différence primitive existait, elle devrait exister déjà dans les jeunes testicules. Or, ce n'est pas le cas. Le testicule d'un Astacus de $3^{cm},7$ de longueur présentait à peine quelques acini. Ceux-ci n'étaient presque tous tapissés que d'une seule espèce (einerlei) d'éléments, et ceux ci étaient *identiques avec les germes de remplacement*. Toutefois se trouvaient çà et là quelques grosses cellules semblables aux spermatoblastes. Je ne puis expliquer l'existence des spermatoblastes que par la transformation très précoce de certains germes en spermatoblastes ; cette formation

n'était que prématurée. En même temps, l'apparition de spermatoblastes dans le tronc principal du testicule, qui ne sera plus tard qu'un conduit excréteur, démontre qu'une distinction radicale entre l'épithélium spermatogène et l'épithélium des conduits excréteurs ne s'est pas encore établie. C'est ce qu'appuie également la présence extrêmement rare de cellules séminales mères dans les jeunes acini »

J'ai tenu à citer textuellement l'opinion de Grobben et les considérations qui l'accompagnent, tant à cause de leur priorité et de leur importance, que parce que j'aurai à y revenir pour en discuter quelques points.

Hermann, dans sa première note[1], ne s'est pas préoccupé de l'origine de ce qu'il appelle les *ovules mâles* ; il en constate seulement l'existence et consacre sa note à l'étude des transformations qui conduisent du spermatoblaste au spermatozoïde.

Dans sa dernière publication[2] Hermann se borne presque à citer l'opinion de Grobben et de Gilson à ce sujet. Les spermatoblastes ou premières métrocytes proviennent des germes de remplacement ou plasmodium pariétal. On voit, dit-il, un certain nombre des noyaux granuleux de ce blastème qui semblent augmenter de volume et s'arrondir ; le noyau prend la forme sphérique et s'hypertrophie; en même temps les filaments primaires du réticulum nucléaire deviennent de plus en plus distincts, et un corps cellulaire sphéroïdal se *délimite* autour du noyau, au sein du plasmodium.

Nussbaum[3] ne s'occupe pas de l'origine de ses spermatogonies (spermatoblastes de Grobben).

Dans ma courte note à l'Institut du 9 février 1885[4], je me suis préoccupé de l'origine des grosses cellules des acini des Crustacés décapodes, auxquelles j'ai donné le nom de *protospermatoblas-*

[1] Hermann ; Compt. rend. de l'Acad. des Sciences, 29 oct. 1883.

[2] G. Hermann ; *Notes sur la structure et le développement des Spermatozoïdes chez les Décapodes* (*Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, 1890).

[3] Nussbaum ; *loc. cit.*, 1884.

[4] A. Sabatier ; Compt. rend. de l'Acad. des Sciences, 9 février 1885.

tes. Voici les quelques lignes que je leur ai consacrées pour l'*Astacus:* « Ces noyaux (les noyaux provenant de la multiplication des noyaux de la paroi propre de l'acinus, c'est-à-dire les noyaux du blastème de Grobben) composés d'abord d'un protoplasme homogène avec nucléole central petit et très réfringent, grossissent beaucoup et présentent bientôt un réseau à grains chromatinés; la zone qui les entoure, d'*abord à peine visible, s'épaissit progressivement.* Il en résulte de *grosses cellules* de 0mm,06 à 0mm,98 de diamètre, avec un gros noyau, qui tapissent la paroi du cul-de-sac et le remplissent presque entièrement. Ce sont les *protospermatoblastes* formés par la segmentation directe des cellules des parois ou spermatogonies[1]. »

Si je ne me trompe, il ressort clairement de ce texte que pour moi les protospermatoblastes provenaient des éléments cellulaires du blastème par l'accroissement considérable des dimensions du noyau, et par la naissance autour d'eux d'une zone visible de protoplasme qui s'épaissit et constitue leur corps cellulaire.

Je puis à peine concevoir par suite de quelle confusion Gilson[2] avance que je ne me suis « du reste pas attaché spécialement à rechercher l'origine des premières métrocytes » (pag. 122). Je le conçois d'autant moins que, quelques pages avant (pag. 117), Gilson rend compte de ma conception de l'origine des protospermatoblastes par une évolution des noyaux aplatis de la paroi conjonctive des culs-de-sac testiculaires. Si Gilson a voulu dire que je n'avais pas longuement développé mes idées à cet égard dans ma courte note à l'Institut, son assertion est pleine de justesse; mais déjà à cette époque je m'étais assez préoccupé de cette question pour m'être fait là dessus une opinion qui différait très notablement de celle de mes devanciers, et que mes observations ultérieures n'ont fait que confirmer. J'accepte le reproche de n'avoir

[1] J'avais attribué dans ma note aux éléments du blastème le terme de *spermatogonies*. C'était un tort, puisque ce mot avait été déjà donné par de Lavalette Saint-Georges et par Nussbaum à des éléments de formation ultérieure et correspondant aux spermatoblastes.

[2] Gilson; *loc. cit.*, pag. 132.

pas été suffisamment complet dans l'énoncé de cette première partie de la note ; mais il est clair que je m'étais assez spécialement attaché à rechercher l'origine des premières métrocytes ou protospermatoblastes, puisqu'au fond l'opinion que j'ai émise alors est d'accord avec celle de Grobben et avec celle de Gilson lui-même, et peut se résumer ainsi : Les protospermatoblastes ou premières métrocytes dérivent du blastème de remplacement.

Il ne saurait y avoir doute sur cet accord, car il n'importe en rien que ces éléments formateurs soient appelés germes du blastème de remplacement avec Grobben, plasmodium avec Gilson, ou avec moi noyaux divisés et multipliés de la paroi propre du testicule. Ces trois dénominations s'appliquent à un seul et même objet ; et quand Gilson déclare que mon « opinion qui rapporte l'origine des métrocytes aux cellules de la membrane propre du testicule n'est évidemment pas soutenable », il me prouve simplement qu'il n'a pas compris que ces noyaux de la paroi conjonctive du cul-de-sac testiculaire qui se segmentent par voie directe, qui grossissent, deviennent sphériques et font saillie dans la cavité du cul-de-sac, ne sont pour moi autre chose que les éléments nucléaires de son plasmodium.

Il est actuellement bien établi que les noyaux du blastème ou plasmodium deviennent des protospermatoblastes ou des premières métrocytes. Là-dessus je pense et j'ai toujours pensé comme Grobben ; et Gilson est venu apporter une confirmation à l'opinion que Grobben d'abord, et moi ensuite avions émise.

Mais il est des détails du processus de formation des métrocytes que Gilson a conçus de façon particulière, et qui demandent à être discutés. Aussi dois-je, avant, les faire connaître avec précision.

« Sur l'origine des métrocytes [1], dit-il, nous sommes d'accord avec Grobben. Cet auteur la fait dériver comme nous de la couche indivise qu'il appelle blastème de remplacement. » Comment se fait la transformation ? « Le plasmodium demeure longtemps *sans*

[1] Gilson ; *loc. cit.*, pag. 131 et 132.

se diviser, pendant que ses noyaux se multiplient
nombre des noyaux qu'il renferme augmente pro
d'une manière notable. »

« Mais, à un moment donné, le protoplasme *entr*
en mouvement et *s'individualise* autour d'un certair
noyaux. » — « Telle est l'origine des métrocytes
grandeur. » Appelant l'attention sur les fig. 417 et 418
et 606 et 607 du *Xantho*, Gilson fait remarquer quel
qui *évidemment*, dit-il, viennent de *se découper da*
commune. « Mais à côté des cellules déjà formées, c
dans les deux acini de l'*Astacus* des plages entières er
vertes de la *masse plasmodique indivise.* » Mais « tou
du plasmodium ne s'entourent pas de protoplasme pou
des métrocytes. Un certain nombre d'entre eux deme
dans la masse plasmodique, fortement diminuée sans doute, mais *qui persiste toujours* entre la membrane propre de l'acinus, et les cellules qui viennent de naître. » Gilson signale en outre les fig. 417 et 418 de son Mémoire, « dans lesquelles, dit-il, le phénomène de la *plasmodiérèse* est, pour ainsi dire, surpris en *flagrant délit au sein du plasmodium* ».

« Les cellules ainsi formées sont les premières métrocytes de l'année. Elles vont s'accroître notablement... puis se diviser pour donner naissance à d'autres générations de métrocytes. La sténose des noyaux du plasmodium a donc pour but la formation des métrocytes de première grandeur. »

Cette revue assez complète, je pense, de ce qui a été dit sur l'origine des protospermatoblastes et sur leur processus de formation, va me permettre de discuter la question posée et d'exposer le résultat de mes observations.

Pour ce qui a trait au rôle que jouent les noyaux du blastème dans la genèse des protospermoblastes je n'ai pas besoin d'y revenir. Il n'y a pas le moindre doute à conserver à cet égard. Mais sur le processus de formation, sur le mode d'évolution qui conduit d'une forme à l'autre, je sens le besoin de m'arrêter quelques instants.

Parlons d'abord du noyau. Les noyaux du blastème, qui, après s'être suffisamment divisés, vont devenir des noyaux de spermatoblastes, grossissent, deviennent ovalaires et tendent vers la forme sphérique. Leur nucléine se disperse pour ainsi dire, se dissémine en un réseau plus général, plus égal, plus délicat, à mailles plus uniformes, à nœuds plus petits (Pl. II, 22 ; Pl. III, 15, 18, 19; Pl. IV, 1, 3). C'est alors que le noyau acquiert une enveloppe de protoplasme par un processus que j'indiquerai plus tard. Sa structure reste ce qu'elle était dans le gros noyau du blastème, c'est-à-dire que la nucléine y est à l'état de réticulum délicat, à nœuds petits.

Plus tard la forme de la nucléine peut se modifier plus ou moins; chez *Astacus*, chez *Pagurus striatus*, il arrive assez souvent que la nucléine se réunit en petits fragments nombreux qui paraissent isolés et qui donnent au noyau un aspect granuleux uniforme tandis que un, deux ou trois gros nœuds peuvent persister comme nucléoles (Pl. I, 11; Pl. IV, 12, 43 ; Pl. V, 112 ; Pl. VI, 43); ou bien chez *Astacus*, comme nous l'avons vu, la nucléine se présente sous forme de granulations disposées en trainées qui dessinent un réseau à larges mailles (Pl. I, 12; Pl. II, 9; Pl. IV, 36; Pl. VI, 30). Plus tard et à mesure que la cellule avance vers la maturité, on peut trouver la nucléine divisée en grosses masses éparses dans le noyau (Pl. II, 15 ; Pl. III, 14 ; Pl. VI, 48) et constituant des tronçons séparés ou reliés par un réseau plus ou moins visible. Enfin viennent les formes irradiées que j'ai suffisamment décrites, et qui précèdent généralement de peu la phase de division (Pl. II, 12). Parfois cette forme irradiée s'est présentée dans des protospermatoblastes qui me paraissaient encore jeunes, mais chez lesquels peut-être devait se faire une kinèse précoce (Pl. II, 22 *c*, *d*). Ces cas m'ont d'ailleurs paru assez rares, et je ne les ai observés que chez le Homard.

Je ne saurais affirmer que toutes les formes que je viens d'indiquer se présentent exactement dans tous les cas, et dans tous les types de Décapodes. Il peut y avoir sans doute, et il y a des variations dans ces modifications du noyau. J'ai voulu simplement

indiquer les transformations que j'avais le plus souvent observées chez *Astacus* et chez *Pagurus striatus* que j'ai suivis avec plus de persévérance et de fidélité que les autres. Le fait général qui ressort pour moi de cette étude suivie du noyau depuis son jeune âge comme noyau du blastème jusqu'à sa phase de division comme noyau du protospermatoblaste, c'est que la structure du noyau subit des variations constantes qui sont le témoignage de son incessante activité, que les formes qui correspondent à l'état prétendu *quiescent* du noyau sont loin d'être fixées et immoibles, et que cet état ne correspond qu'à une forme relativement ralentie et moins sensible des changements *continuels* liés au parcours du cycle vital de la cellule. Si j'insiste sur ce point, c'est que le mot de *quiescent* me paraît en réalité donner une idée fausse, et pourrait faire croire à une période de *statu quo* et de *fixité*, qui n'existe réellement pas dans les éléments vivants.

Quant à l'origine du protoplasme qui forme le corps cellulaire des protospermatoblastes, je ne l'ai point observée, telle que l'a décrite Gilson. J'aurai à discuter son opinion et à dire pourquoi je lui préfère la mienne, dont voici d'ailleurs l'exposé.

Les noyaux du blastème arrivés à maturité et ayant atteint une grosseur déterminée cessent de se diviser comme noyaux et tendent à acquérir une enveloppe de protoplasme ; ils deviennent plus clairs, leur réseau chromatique devient plus délié, plus délicat, et ils prennent une forme sphérique ou à peu près sphérique. Alors on voit apparaître autour du noyau une zone très mince et claire, dépourvue de granulations et presque hyaline (Pl. I, 1; Pl. II, 14, 21, 22; Pl. III, 15 *c*, *c'*, *c''*, 17 B *b*, 18, 19; Pl. IV, 1). Ce n'est d'abord qu'une ligne claire autour du noyau dont la limite extérieure est encore peu précise. Mais peu à peu la zone s'élargit (Pl. III, 15 *d*) quelques fines granulations y apparaissent, et sa limite extérieure se précise. Cette zone croît toujours, s'élargit et atteint peu à peu les dimensions que nous lui connaissons dans les grandes cellules. A mesure aussi le noyau grandit, s'arrondit, sa portion chromatique conservant la forme d'un réseau à nœuds plus ou moins volumineux. Pendant ce temps, et au fur et à mesure, la

zone de protoplasme acquiert de plus en plus la forme réticulée, et se charge par places de granulations, dont les unes paraissent renfermées dans l'enchylème, et d'autres semblent situées sur le parcours des filaments du réseau. Enfin s'organise plus ou moins cette constitution globuleuse du protoplasme dont l'accentuation varie assez fortement comme degré.

Quant au protoplasme, individis du blastème il subit certaines modifications intéressantes ; il devient granuleux, à granulations inégales, irrégulièrement distribuées, et en partie de nature graisseuse. De plus, on remarque la tendance en lui à devenir vésiculeux, et l'on voit se former dans son sein des vésicules claires qui deviennent plus ou moins nombreuses et à bords parfois indécis (Pl. I, 1; Pl. III, 19), d'autres fois nettement tranchés ; de telle sorte que le protoplasme individis acquiert un aspect aréolaire avec structure feutrée des trabécules interaréolaires. Il prend ainsi un aspect réticulé plus ou moins accentué. Le protoplasme individis semble s'altérer, se désagréger de plus en plus, devenir de moins en moins vivant et disparaître successivement par désagrégation, ou pour servir d'aliment aux protospermoblastes et aux éléments spermatiques qu'il renferme. Le protoplasme individis est donc un ***protoplasme*** à la fois ***dégénéré*** et ***caduc***. Les noyaux restants du blastème, les nids de l'arrière-saison y sont encore plongés (Pl. I, 4, 6; Pl. II, 15, 21; Pl. IV, 1) ainsi que les deutospermatoblastes ou petites cellules qui deviendront des spermatozoïdes (Pl. I, 9, 13, 14), et plus tard les spermatozoïdes (Pl. I, 4, 8). L'aspect feutré et réticulé du protoplasme caduc dépend d'ailleurs du nombre et de l'importance des vésicules qui s'y développent, et parfois le protoplasme se borne à présenter des granulations réunies en traînées indécises et irrégulières qui enveloppent des sphères un peu plus claires (Pl. III, 19). Parfois aussi le ***protoplasme caduc*** devient simplement ***granuleux*** et ***floconneux*** (Pl. II, 22; Pl. III, 15) sans présenter nettement la structure vésiculeuse.

Gilson a bien représenté ce réseau de trabécules dans sa fig. 417, et il lui donne le nom de ***lambeaux de plasma granuleux***. Dans la fig. 416, il représente des spermatozoïdes mûrs « enrobés,

dit-il, dans une masse *du même plasma* qui remplit le canal déférent et qui, à la fin de la saison, *s'élève* jusque dans les acini ». Je dirai plus tard ce que je pense de cette appréciation

En définitive, je crois donc que les noyaux du blastème parvenus à leur complet développement produisent eux-mêmes la couche de protoplasme qui constituera leur corps cellulaire, que ce protoplasme apparait d'abord sous la forme d'une zone très étroite, claire, et à limite peu accentuée, mais que la zone s'accroît progressivement et que sa limite, son bord extérieur s'accentue par suite d'une organisation plus complète de ce protoplasme qui, déversé à l'état presque liquide autour du noyau, s'organise de plus en plus, acquiert de la consistance en se chargeant de granulations et en constituant peu à peu son réticulum. Il y a là un fait qui me parait intéressant pour l'histoire des relations du noyau et du protoplasme, fait qui n'a d'ailleurs rien de bien étrange, s'il est vrai surtout, comme le pense Carnoy, que dans la cinèse cellulaire une portion du fuseau, c'est-à-dire du protoplasme nucléaire, est déversée dans le protoplasme cellulaire pour en renouveler la substance et la vitalité.

Quelles que soient d'ailleurs les considérations intéressantes pour la biologie cellulaire qui puissent découler d'un pareil fait, le fait n'en est pas moins très nettement établi pour moi, car je l'ai très souvent observé. Pour cela, les nids de blastème, où les noyaux sont clairsemés comme Pl. II, 22; Pl. III, 15, sont éminemment favorables.

Les nids où les éléments cellulaires très multipliés sont pressés les uns à côté des autres sont très propres à donner de fausses apparences, car le protoplasme du blastème étant réduit par la présence des noyaux à des traînées très étroites, il est facile de prendre les zones étroites de protoplasme formées autour des noyaux pour les résultats de la division du protoplasme indivis du blastème, et l'on croit à une plasmodiérèse. La confusion est facile, et d'autant plus facile que les traînées de protoplasme peuvent même avoir disparu sous l'influence de la pression et avoir subi la résorption, et que, ne les apercevant plus, on peut facile-

ment penser qu'elles sont entrées comme protoplasme *découpé* autour du noyau dans la constitution de la cellule.

Dans les nids à noyaux rares, cette erreur s'évite bien plus facilement, et il est relativement aisé de voir apparaître autour du noyau, au sein de la masse volumineuse du protoplasme individis, *caduc* et *granuleux*, une zone claire et très mince de protoplasme qui se distingue immédiatement de ce dernier.

On voit donc que je professe sur ce point une opinion qui diffère totalement de celle de Gilson. Nous avons vu en effet que cet auteur pense que c'est le protoplasme indivis du plasmodium qui s'*individualise autour du noyau* ; que les cellules *se découpent* dans la *masse commune*, qu'il y a *plasmodiérèse* et en un mot que le protoplasme de la cellule n'est autre chose qu'une portion séparée du protoplasme individis du blastème.

Nous avons vu également que Hermann pense, comme Gilson, qu'un corps cellulaire sphérique *se délimite* autour du noyau, au sein du plasmodium.

Mes propres observations m'obligent à ne pas partager l'avis de Gilson et de Hermann.

D'autre part, Gilson appuie son opinion sur ses observations personnelles. Mais ses figures qui sont du reste le seul argument qu'il invoque, constituent, à mon avis, des arguments en ma faveur plutôt qu'en sa faveur.

Les fig. 417 et 418 de son Mémoire prises sur *Astacus* représentent quelques cellules qui « *évidemment*, dit-il, *viennent* de se *découper* dans la masse commune, et où la plasmodiérèse est surprise en *flagrant délit* ». Je ferai remarquer que ces cellules sont des protospermatoblastes déjà pourvus d'une *zone fort épaisse* de protoplasme très *nettement* délimité et *très granuleux*, et qui diffère fortement par sa structure uniforme et égale du protoplasme *caduc* ambiant qui est inégal et floconneux. Or, j'affirme que les protospermatoblastes jeunes pris au moment de leur formation n'ont qu'une couche de protoplasme, *très mince*, *très claire* et *presque hyaline* ; et que certainement la composition et la structure des cellules considérées par Gilson dans ses fig. 417

et 418, comme des métrocytes naissantes sont des cellules déjà âgées et parvenues à un développement avancé.

En outre, les fig. 606 et 607 de *Xantho rivulosus* invoquées par Gilson comme renfermant encore des cellules qui viennent de *se découper dans la masse commune* sont singulièrement propres à appuyer mes critiques et à confirmer mes vues. Dans ces figures Gilson a représenté un groupe de cellules qu'il désigne comme *métrocytes qui viennent de naître au sein du splasmodium*. Or, il y a ceci de remarquable que ces métrocytes ont une zone de protoplasme *fort étroite, très claire*; et que quelques-unes d'entre elles (et ce sont les plus jeunes si l'on en juge par les dimensions du noyau) ne possèdent autour de leur noyau qu'un liséré clair hyalin, non granuleux, à peine visible, et bien différent comme dimensions de celui que présentaient les métrocytes dites naissantes d'*Astacus* des fig. 417 et 418. En outre, l'aspect et la structure de ce liséré clair diffère si fortement sur les dessins de Gilson, de l'aspect et de la structure du plasmodium environnant, qu'il est difficile de considérer ces deux parties comme provenant de la *plasmodiérèse surprise en flagrant délit* d'une même masse de protoplasme. Il me semble que tout histologiste qui jettera un coup d'œil sur les dessins 606 et 607 de Gilson y verra comme moi des noyaux qui sécrètent et forment un corps cellulaire clair et uniforme, et non une *plasmodiérèse découpant* une portion du protoplasme inégal floconneux et granuleux.

Je pense donc que le réseau trabéculaire de protoplasme granuleux qui environne les cellules aussi bien que les spermatozoïdes représente les restes plus ou moins altérés du protoplasme dégénéré et caduc constituant la masse indivise du blastème de remplacement.

L'opinion de Gilson que ce plasma vient du canal déférent et s'élève *à la fin de la saison* jusque dans les acini, me paraît peu conciliable avec mes observations. Dans les figures mêmes de Gilson, ce plasma se continue sans ligne de démarcation marquée avec le protoplasme du plasmodium (fig. 416 et 417). Mais en outre mes Pl. I, 4, 6, 9, 14; Pl. II, 15, 21, et surtout Pl. IV, 1 ne per-

mettent pas le doute, car notamment les Pl. I, 14 et Pl. I, 6 montrent nettement ce réseau trabéculaire englobant les petites cellules ou deutospermatoblastes non encore transformées en spermatozoïdes, et par conséquent avant qu'il puisse être question de spermatozoïdes mûrs et de *fin de la saison*, de même que la Pl. I, 4 montre clairement la continuité du réseau dégénéré et caduc qui enveloppe les nids de l'arrière saison.

Je pense donc que dans l'intérieur des acini les éléments cellulaires, tant noyaux du blastème que cellules et spermatozoïdes, sont plongés dans un milieu de plasma qui représente là un réseau dont les trabécules plus ou moins épaisses suivant les circonstances, tendent de plus en plus à s'altérer, à se désagréger, pour être très probablement résorbées pour servir à la nutrition des éléments. C'est là le protoplasme *caduc* dont la disparition mettra en liberté les spermatozoïdes renfermés dans *Astacus*.

Grobben a avant Gilson exposé la manière dont il conçoit la formation des spermatoblastes, et si je n'ai pas analysé son opinion avant celle de Gilson, c'est qu'elle présente certaines particularités dont l'examen est mieux placé en ce moment. Au fond, l'opinion de Gilson n'est que la reproduction de celle de Grobben, car Grobben croit à la séparation autour du noyau d'une partie du protoplasme commun du blastème. Voici d'ailleurs textuellement ce qu'il dit à ce sujet[1] :

« Dans la masse commune de protoplasme se sont formées des granulations brillantes. Mais bientôt les *parties du protoplasme* situées *autour* des plus gros noyaux *cessent de produire ces granulations* ; et ainsi se fait la *première séparation* d'une *portion du protoplasma commun comme corps cellulaire des spermatoblastes*. Ensuite ces parties se différencient de plus en plus comme cellules indépendantes ; leur protoplasme devient hyalin, et le noyau s'arrondit et se rapproche en même temps de l'état parfait. Ainsi sont formés de nouveaux spermatoblastes, et le processus ci-dessus décrit recommence de nouveau. »................

...« La formation nouvelle de spermatoblastes résulte donc de ce

[1] Grobben ; *loc. cit.*, pag. 17.

que certains noyaux parviennent à une grosseur remarquable, et de ce qu'une partie du protoplasme du blastème se délimite autour d'eux comme corps cellulaire. Cette partie du blastème a cessé de sécréter des grains brillants. »

Il n'est donc pas douteux que Grobben n'ait avant Gilson pensé que le corps cellulaire des spermatoblastes est une portion séparée de la masse commune du protoplasme. Mais Grobben ne donne aucune figure permettant de se rendre plus exactement compte des observations sur lesquelles il s'appuie ; je dois donc me borner à redire que mes observations sont en contradiction avec la description qu'il donne du phénomène, sauf cependant sur un point que je tiens à faire remarquer, c'est que Grobben a bien noté que les parties de protoplasme voisines du noyau sont ***dépourvues de granulations***, et que c'est là le phénomène ***initial*** de la séparation ***du corps*** cellulaire. C'est là une observation juste, à laquelle Gilson ne paraît pas avoir attaché de l'importance, et qui s'allie fort bien, avec l'apparition de cette zone claire, très mince et d'abord mal délimitée que je considère comme sécrétée par le noyau autour du noyau.

Nous avons vu par quel processus les noyaux du blastème se transformaient en protospermatoblastes. Il nous reste à examiner ce qui se passe dans le cas où les protospermatoblastes proviennent de l'épithélium germinatif du tube testiculaire. Au fond, le processus est le même dans les deux cas.

Nous avons observé que dans ces cas le protoplasme des corps cellulaires pouvait se creuser aussi de vacuoles, de vésicules soit claires, soit granuleuses (Pl. III, 17, 18 ; Pl. IV, 2). Le protoplasme devient dans tous les cas fort granuleux, et parfois plus ou moins aréolaire, réticulé, avec trabécules variables. Les corps cellulaires déformés et altérés perdent leurs limites déjà si délicates et si difficiles à apercevoir, il se forme à leurs dépens une sorte de ***protoplasme caduc***, comparable à celui qui provenait du blastème. Les noyaux grossis, arrondis de l'épithélium produisent autour d'eux une zone très mince et claire qui deviendra leur corps cellulaire nouveau (Pl. I, 1 ; Pl. III, 17 B).

Sont-ce là les phénomènes qui ont fait parler Gilson de *fusion de cellules*? C'est possible; mais dans tous les cas le terme et l'idée ne sont pas justes. Il y a dégénérescence et altération des corps cellulaires et confusion des parties dégénérées, et non *fusion* dans le sens exact et physiologique du mot.

On voit donc que le processus de formation des protospermatoblastes est identique, qu'il ait pour point de départ les noyaux du blastème ou les cellules de l'épithélium germinatif. Il n'y a rien là qui doive surprendre, car ces deux sortes d'éléments ont une même origine, et ne diffèrent que par des situations un peu différentes, et par les adaptations qui en résultent. Le protoplasme des cellules épithéliales n'est pas autre que le protoplasme du blastème; il n'en diffère que parce que sa situation sur une surface *limitante* lui impose une différenciation plus avancée, qui comporte une séparation des corps cellulaires. Ici, comme dans bien d'autres cas, l'épithélium n'est qu'une forme des éléments cellulaires du tissu conjonctif, c'est du tissu *conjonctif limitant*, ou *de surface*.

Mais au fond l'épithélium primitif et les éléments intrapariétaux ne sont que des différenciations d'un même groupe de cellules dont le caractère général est de conserver plus longtemps que les autres, et à des degrés divers, l'activité vitale exceptionnelle, la puissance blastodermique et la faculté de réveil énergique qui est le propre des éléments embryonnaires.

§ 3. — MULTIPLICATION DES SPERMATOBLASTES.

Dans ma note publiée en 1885, j'avais cru que les protospermatoblastes ou premières métrocytes étaient formés par la segmentation *directe* des cellules des parois, c'est-à-dire par les noyaux du blastème [1]. Là s'était arrêtée mon étude de la division des protospermatoblastes. Quant aux petites cellules d'où dériveront les spermatozoïdes et auxquelles j'ai donné le nom de deutospermato-

[1] J'ai déjà fait remarquer que j'avais à tort, à cette époque, donné à ces germes du blastème le nom de spermatogonies.

blastes, je ne les croyais pas produites par des segmentations des protospermatoblastes, mais formées par un procédé de genèse directe que je décrivais ainsi succinctement : «Dans chacun de ces protospermoblastes naissent dans le protoplasme, au voisinage du noyau, plusieurs grains réfringents chromatisés qui s'agrègent et se fusionnent. Ainsi sont formées, par *genèse directe*, plusieurs masses homogènes réfringentes, se colorant vivement. » Ces masses, d'abord aplaties et appliquées à la surface du noyau, grossissent et subissent quelques segmentations directes dans l'intérieur des corps cellulaires qu'elles envahissent. Ce sont les deutospermatoblastes qui formeront les spermatozoïdes.

Je dois confesser que mes études ultérieures n'ont pas confirmé ces premiers résultats dus à des apparences et à quelques conditions dont je rendrai d'ailleurs compte.

Contrairement à ce que j'avais pensé d'abord, les spermatoblastes se multiplient par division, et c'est par des divisions successives que se produisent les cellules de plus en plus nombreuses et de plus en plus petites qui remplissent les culs de-sac.

Grobben [1] le premier signala la division caryocinétique dans le testicule des Décapodes. Il a représenté dans la fig. 17 de la Pl. III une figure caryocinétique chez un spermatoblaste d'*Astacus leptodactylus*.

Nussbaum [2] a figuré à son tour plusieurs phases de la division cinétique d'une spermatogénie (spermatoblaste) d'*Astacus fluviatilis*. Il décrit le fuseau et remarque que les filaments chromatiques s'éloignent les uns des autres, et s'ordonnent au centre d'un fuseau dont les pôles sont munis d'asters. Il montre ces filaments chromatiques sur toute la section transversale du fuseau. Les filaments se divisent longitudinalement alors et se retirent de part et d'autre vers les pôles. Le fuseau se transforme en barillet, et les asters disparaissent. Enfin survient un étranglement qui divise le fuseau et la cellule. Nussbaum ne s'occupe ni des phases qui précèdent la

[1] Grobben ; *loc. cit.*

[2] Nussbaum ; *loc. cit.*

formation du fuseau, ni de l'origine et de la nature du fuseau, ni de la manière dont se reconstituent les noyaux filles.

C'est à Carnoy [1] que l'on doit une étude très soignée et très détaillée de la cytodiérèse des cellules testiculaires des Décapodes. Je crois devoir renvoyer le lecteur à cet ouvrage, et me borner à signaler quelques particularités qui m'ont paru mériter l'attention.

Les spermatoblastes se multiplient presque toujours par voie de *caryocinèse*; néanmoins j'ai pu observer sur *Astacus* des cas de division directe qui méritent d'être signalés. Carnoy soupçonne la possibilité de ce mode de division chez *Astacus* mais ne paraît pas l'avoir constaté. C'est au commencement de juillet qu'il a rencontré les premières cellules mères dans les cæcums testiculaires : « Ces premières métrocytes, dit-il [2], naissent, *selon toute apparence* par étranglement [3] ; *peut-être* se multiplient-elles *tout d'abord suivant ce mode de division ;* mais bientôt elles entrent en caryocinèse ».

Mes propres observations me permettent de transformer en certitude ce que Carnoy considère comme une simple possibilité. Sur des *Astacus* observés au 1er septembre, c'est-à-dire *vers la fin* (et non *au début* comme l'a pensé Carnoy) de la saison de la spermatogenèse, j'ai rencontré des spermatoblastes se divisant par voie directe. Il s'agissait de spermatoblastes tapissant sur une rangée unique la membrane propre de l'acinus testiculaire dont la cavité était remplie par des spermatozoïdes bien développés (Pl. II, 9, 10, 11). Ces spermatoblastes que j'ai déjà décrits possédaient un noyau volumineux dont la nucléine présentait la forme réticulée à grains fins et sans nœuds, et une couche mince de protoplasme. Ce sont des spermatoblastes jeunes, et de formation récente mais tardive.

On trouve, en effet, sur le même testicule des acini dont les spermatozoïdes ne sont pas encore formés (Pl. I, 13) et sont repré-

[1] Carnoy ; *La cytodiérèse chez les Arthropodes*, pag. 312 (*La Cellule*, avril 1885).

[2] *Id.*, *Cytodiérèse des Arthropodes*, avril 1885, pag. 318.

[3] Je ne suppose pas que Carnoy veuille ici parler de la division directe des noyaux du blastème. Nous avons vu d'ailleurs que ce n'était pas par *étranglement* qu'elle se faisait, mais par voie de *clivage* ou de *fragmentation*.

sentés par des deutospermatoblastes ou cellules filles, qui vont se transformer en spermatozoïdes. Mais sur les parois reposent les gros noyaux des nids de l'*arrière saison* qui sont en train de se multiplier par clivage selon le procédé que j'ai précédemment analysé. Évidemment de même que les spermatozoïdes de l'acinus (Pl. II, 9) sont les successeurs des deutospermatoblastes de la Pl I, 15, de même aussi les protospermatoblastes de la Pl. II, 9, sont les descendants des noyaux de blastème de l'arrière-saison de la Pl. I, 15. Or ces protospermatoblastes formés en dernier lieu sont encore jeunes, n'ont pas acquis une couche abondante de protoplasme, et se multiplient comme les noyaux du blastème dont ils descendent, c'est-à-dire par voie directe avec clivage. Les Pl. I, 16 ; Pl. II, 10, 11, montrent ce clivage se faisant sur un plan droit ou oblique. La division du noyau devient évidente avant celle du protoplasme Pl. II, 10. Une plaque se forme entre deux portions du noyau sans étranglement marqué. Puis survient un léger étranglement du noyau et du protoplasme Pl. II, 11. Enfin les deux portions séparées du noyau s'éloignent légèrement l'une de l'autre, et entre les deux apparait une mince couche de protoplasme (Pl. I, 16 ; Pl. II, 9 *e, é*), qui s'est clivée en deux lames appartenant aux deux cellules filles.

Il est donc établi que tout au moins chez *Astacus* les jeunes protospermatoblastes provenant des nids de l'arrière-saison sont susceptibles de se multiplier par division directe ; et je fais remarquer que dans les cas que j'ai observés la nucléine se présentait à l'état de grains *fins* disposés en réseau à larges mailles. C'est là un rapprochement à faire avec la disposition pulvérulente de la nucléine dans les noyaux du blastème près d'entrer en division directe.

Carnoy affirme que lorsque le noyau entre en activité, le filament nucléinien précédemment irrégulier dans ses allures et dans ses anses, et paraissant uni en réticulum, acquiert des circonvolutions régulières et indépendantes, et que la *forme pelotonnée* y est nettement *caractérisée*.

Je dois dire que la forme réticulée m'a paru presque toujours

être remplacée par la forme irradiée, et que la forme pelotonnée ne m'a paru nette que dans un petit nombre de cas chez *Pagurus striatus*; et encore dans une phase où la membrane nucléaire semblait avoir disparu.

J'ai observé aussi quelques cas de segmentation du peloton en tronçons courts et plus ou moins tourmentés (Pl. V, 44, 76). Mais ces cas m'ont paru toujours fort rares. Généralement les tronçons nucléiniens sont très serrés, très pressés, et il est difficile de les discerner dans le bloc qu'ils forment par leur réunion.

En général, en effet, du moins chez *Pagurus* à la disposition irradiée à rayons distincts succède une forme massive et condensée dont l'analyse est loin d'être facile (Pl. V, 83, 87 *a*, 116 *b*). Comment se fait le passage de la première forme à la seconde? C'est ce que j'ai pu saisir dans quelques cas. Je signale les Pl. V, 113 et Pl. VI, 11 qui montrent des protospermatoblastes dans lesquels les rayons nucléiniens, ordinairement situés vers la périphérie du noyau, ont convergé vers le centre, et tendent à s'y tasser pour prendre plus tard l'aspect d'une sphère massive formée par des grains agglomérés et tassés (Pl.V, 50, 92, 116 *a*, *b*; Pl. VI, 49, 50).

Une fois seulement chez un *Astacus*, j'ai observé, le 12 novembre, une disposition en rosette et en fers à cheval des tronçons du filament ou boyau nucléinien (Pl. V, 37). Cette disposition n'a pas été vue par Carnoy. Toutes les phases de la caryocinèse régulière : formation de la plaque équatoriale et ses diverses phases, formation des couronnes polaires, reconstitution des noyaux filles, formation du fuseau et des asters, etc., ont été observées par moi, chez *Astacus*, *Pagurus striatus*, *Paguristes maculatus*, *Homarus vulgaris*, *Palinurus*, etc., et je me borne à donner ici quelques-unes des nombreuses figures que j'ai observées (Pl. II, 4, 22; Pl. IV, 13; Pl. V, 37, 38, 40, 72, 78, 79, 80, 81, 82, 117; Pl. VI, 9, 10, 33, 40, 41, 42, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 140; Pl. X, 85, 86, 87). Je dois ajouter seulement que les asters sont loin d'être toujours évidents et en particulier chez *Astacus* et chez *Pagurus*, et que les corpuscules polaires sont très variables ainsi que l'a remarqué Carnoy.

Quant à la division longitudinale des tronçons de la plaque équatoriale, comme Carnoy nous n'avons pu en saisir la preuve certaine. Seulement en comparant chez le même *Astacus* des tronçons de la couronne équatoriale et ceux des deux couronnes polaires on peut trouver des différences de dimensions qui permettent de présumer qu'il y a eu scission longitudinale puisque les filaments qui vont constituer les plaques polaires sont plus déliés et plus nombreux que ceux qui forment la plaque équatoriale. J'ai eu cependant observé sur un *Diogenes varians* (Pl. IX, 59) une cinèse, où la plaque équatoriale se composait de séries de gros grains (ou gros bâtonnets) alternant assez régulièrement avec deux séries de petits grains (fins bâtonnets), et il n'est pas illogique de considérer ces derniers comme le résultat de la division longitudinale d'un gros bâtonnet dont ils occupent la place. Dans tous les cas les éléments de la plaque équatoriale paraissent se diviser transversalement par étranglement; et il m'a semblé que les groupes qui se détachent de l'équateur forment plus souvent que ne le pense Carnoy deux rangées parallèles et régulières (Pl. V, 38; Pl. VI, 53). Ils sont cependant parfois éparpillés et assez irrégulièrement disposés. La Pl. V, 39 reproduit un cas semblable dans lequel des tronçons sont mêlés, et où deux d'entre eux ont pris une situation indépendante et aberrante. Les Pl. VI, 53, 54 montrent cette situation aberrante et irrégulière des bâtonnets, que nous retrouvons ayant atteint un degré extrême dans les Pl. X, 85, 86, 87, 97, 98.

Je n'ai pas eu l'occasion d'observer chez *Astacus* la disposition que Carnoy y a observée quelquefois, en vertu de laquelle les bâtonnets de la plaque équatoriale sont *tous* situés à la périphérie du fuseau, où ils constituent une rangée circulaire unique ou vraie couronne. Nussbaum n'a pas vu non plus cette disposition. Je suis donc porté à penser qu'elle est relativement assez rare. Mais sur des *Astacus* du 23 août, c'est-à dire vers la fin de la période d'activité génitale j'ai vu des plaques équatoriales composées de tronçons courts presque sphériques et inégaux (Pl. VI, 53, 54, 56, 57) où ces bâtonnets étaient presque tous portés vers la périphérie, quelques-uns seulement restant au centre. Dans ces mêmes préparations se trouvaient

des plaques équatoriales dans lesquelles les bâtonnets étaient assez également dispersés sur toute la surface de l'équateur du fuseau (Pl. VI, 55). J'en conclus que toutes les formes peuvent se présenter depuis la série périphérique jusqu'à la dispersion uniforme des bâtonnets dans tout le champ équatorial. Carnoy dit d'ailleurs que les couronnes à bâtonnets intérieurs sont plus fréquentes à la fin de la spermatogenèse.

Pour compléter l'exposé de ce que m'ont présenté de spécial mes observations de division des protospermatoblastes, il me reste à parler des formes simplifiées et inférieures de la cinèse chez quelques décapodes. Je les ai particulièrement observées chez les Pagurides. On y rencontre une série de modifications de la caryocinèse qui relient assez naturellement les modes de division indirecte à la division directe. J'ai déjà parlé de quelques-uns de ces faits dans la partie de ce travail qui traitait de la division par voie de pulvérisation de la nucléine. Je n'y reviens que pour signaler quelques particularités dont il n'a pas été question. Une particularité qui se rencontre chez *Pagurus striatus* d'une manière très générale, comme phase du début de la caryocinèse, c'est la forme ***massive*** et ***condensée*** du noyau Pl. IV, 16, 17 ; Pl. V, 83, 87 *a*, 92, 111, 116*a*, 118; Pl. VI, 49, 50. Dans ce cas, le noyau a fréquemment l'aspect granuleux, et paraît formé de grains tassés. Il est dépourvu de membrane; et le traitement par le vert méthyle lui donne l'aspect d'une masse compacte réfringente d'un vert intense.

Je n'ai jamais pu reconnaître dans cette phase le moindre indice d'une forme pelotonnée du filament, mais on a l'impression très franche de grains pressés et tassés.

Ce noyau massif est souvent sphérique, mais à bords un peu inégaux. Parfois il a la forme d'un polyèdre dont les angles saillants correspondent aux intervalles des sphérules du protoplasme (Pl. V, 50, 73, 111 ; Pl. VI, 49). Cette forme massive est souvent très irrégulière. Elle semble résulter de la concentration vers le centre du noyau des rayons formés par les séries de grains de nucléine telle que nous l'avons observée dans la Pl. V, 113.

On conçoit que, si les rayons sont disposés régulièrement et que

le mouvement de concentration soit simultané, il en résulte une forme sphérique à peu près régulière. Mais le cas contraire peut se présenter, et il en résulte alors des formes très irrégulières et très bizarres de la nucléine dans les cellules dont la membrane nucléaire a disparu. C'est ainsi que peuvent être interprétées les formes d'ailleurs très fréquentes que j'ai représentées Pl. V, 26 ; Pl. VI, 22, 23, 24.

Mais cette irrégularité se traduit surtout dans la phase de formation de la couronne équatoriale.

Cette couronne que les Pl. V, 72, 80, 81, 82, 117 ; Pl. VI, 140 présentent avec sa forme irrégulière normale, peut affecter dans les formes dégradées que j'étudie, les aspects les plus bizarres et les plus irréguliers. Tantôt c'est une plaque massive discoïdale semblant provenir directement de l'aplatissement de la forme massive sphéroïdale déjà étudiée (Pl. IV, 21, 24 ; Pl. V, 45 *a*, 64, 67, 68, 87 *c*, 90, 91).

Mais il arrive souvent que ce disque équatorial présente d'étranges sinuosités, des pointes et des sinus, qu'il est découpé et surmonté de saillies inégales formées par des grains de nucléine en série (Pl. IV, 24 ; Pl. V, 47, 49, 50, 56, 57, 84, 85, 86, 87 *b*, 93, 94). Il me semble naturel de considérer ces formes comme représentant des phases de concentration des filaments de nucléine se produisant d'une manière irrégulière, et sans passer par la phase de sphère massive.

La concentration et la tendance à se disposer en plaque ou disque se font simultanément, mais aboutissent d'abord à une forme irrégulière qui peut tenir soit à la disposition irrégulière de la forme irradiée du noyau soit aux inégalités du mouvement de concentration.

Il est toutefois bon de faire remarquer que les séries de grains de nucléine, et les angles de la couronne correspondent aux cloisons de séparation des sphérules protoplasmatiques, et que ces grains semblent cheminer dans leurs intervalles.

Dans tous les cas, ces formes à type plus ou moins dispersé de la nucléine paraissent aboutir en définitive à la forme discoïdale

condensée et presque régulière. C'est en effet ainsi que se présente la plaque équatoriale dans les cellules qui vont entrer en division.

Carnoy a dessiné (fig. 245 *a b*) des noyaux de ***Pagurus callidus*** qui rappellent quelques-unes de ces formes irrégulières que je viens de décrire Il les considère comme représentant une forme ***pelotonnée*** irrégulière, et comme se rétractant ***avec leur membrane*** pour former la lame équatoriale. Pour ma part, je n'ai pas observé de membrane dans les cas que j'ai signalés et, quant à la forme pelotonnée, non seulement je ne l'ai pas constatée, mais la forme dispersée et irradiée des grains de nucléine m'a paru repousser toute idée de cordon continu et pelotonné. La forme 245 *c* de Carnoy appartient tout à fait à une plaque discoïdale bien formée, et sur le point de se diviser chez ***Pagurus callidus.*** Il en est de même de la fig. 234 *b* chez ***Dromia vulgaris.***

Les cas que j'étudie présentent encore un phénomène très remarquable, c'est l'absence totale ou le faible degré de développement du fuseau ou des asters. Dans la plupart des cas le fuseau est tout à fait absent, et on ne peut en reconnaître le moindre indice ; il en est de même des asters ; à moins cependant que l'on ne considère comme représentant ces derniers les stries granuleuses qui indiquent les limites des sphérules du protoplasme et qui viennent converger vers les faces de la couronne équatoriale. Je pense en effet que ces irradiations des surfaces courbes qui limitent les sphérules du cytoplasme aux sommets du fuseau, correspondent en effet aux asters de ces spermatoblastes de Crustacés, où, je le déclare, je n'ai pas rencontré d'autre forme rayonnante que celle-là. La Pl. V, 52, et la Pl. V, 80, 82 rendent compte de cette disposition et de la signification qu'il faut y attacher.

Dans d'autres cas, très rares, le fuseau semble représenté par un espace clair à limites indécises et dépourvu de granulations qui entoure la plaque équatoriale (Pl. IV, 24, 25, 26 ; Pl. V, 67, 68 ; Pl. VII, 11, 12).

Dans d'autres cas, un peu plus fréquents, le fuseau semble au contraire représenté par des masses plus ou moins hémisphériques

qui recouvrent les parties centrales de la plaque équatoriale. Ces dômes, plus ou moins surbaissés, sont à la fois granuleux et floconneux, à limites inégales, et sans indices des stries ou filaments qui caractérisent le fuseau (Pl. V, 88, 89).

Enfin se remarquent des formes à fuseau très court, très surbaissé, faisant à peine saillie sur les faces de la couronne et à striation peu accentuée et un peu irrégulière (Pl. V, 52, 65, 117).

Ces formes conduisent facilement aux formes régulières à longs fuseaux que j'ai déjà présentées au lecteur (Pl. V, 72, 80, 81, 82).

Quand la plaque équatoriale est formée, la phase de division et d'écartement des plaques polaires se produit. Deux formes principales se remarquent. Ou bien la plaque se divise en deux par suite d'une sorte de clivage en deux parties qui se séparent et s'écartent simultanément dans toute leur étendue ; ou bien les deux plaques se séparent et s'éloignent d'abord sur leur périphérie, les centres restant reliés par un pédicule qui s'amincira successivement et finira par disparaître. Ces formes sont liées à deux dispositions différentes des tronçons nucléiniens. Dans le premier cas, ces cordons sont parallèles comme dans la Pl. VI, 52, où l'état isolé des grains et des tronçons m'a permis de bien analyser le phénomène. Dans le second cas, les tronçons semblent s'être disposés en forme de coupes comme les baleines d'un parapluie (Pl. VI, 51), les deux coupes étant opposées par leurs convexités et restant reliées entre elles par un pédicule central formé d'une série de grains de nucléine et représentant les pieds des deux coupes. Ces deux préparations avaient le mérite fort rare de ne pas présenter un état comprimé et pour ainsi dire massif de la nucléine, et de permettre d'en discerner la disposition. Je dois faire remarquer dans la Pl. VI, 52 la disposition des séries de grains de nucléine, séries inégales, les unes courtes, les autres longues et se continuant avec les filaments qui composent le réseau du cytoplasme. Je signale aussi sur les extrémités de la couronne équatoriale et surtout à gauche une tendance à l'obliquité des cordons nucléiniens qui rappelle la convergence des cordons nucléiniens de la Pl. VI, 51.

J'ai déjà rapproché ces formes simplifiées et inférieures de la

caryocinèse, des formes de la division directe, et je me borne à renvoyer le lecteur à la partie correspondante de ce travail.

Les protospermatoblastes se divisent donc soit *exceptionnellement* par voie directe et par clivage, soit dans l'immense majorité des cas par voie indirecte. Cette division se produit presque simultanément dans tous les protospermatoblastes d'un même acinus. Il en résulte donc une seconde génération de cellules que j'ai nommées deutospermatoblastes. Ces derniers produisent à leur tour, par une division indirecte semblable à la première, une seconde génération de deutospermatoblastes. Trois générations peuvent ainsi se succéder, et soit parce que la succession est rapide, soit pour toute autre cause, les cellules filles n'atteignent pas le volume de leurs mères. Les dimensions des cellules décroissent avec les générations successives. Je ne puis affirmer que le nombre des générations ne puisse varier suivant les espèces et peut-être même suivant les individus. Il m'a semblé que chez *Pagurus striatus* il y avait trois générations successives. Chez *Astacus* également. Enfin la tendance à la division s'épuise, et la dernière génération est composée de petites cellules ayant un diamètre qui est environ le tiers de celui des protospermatoblastes. Ce sont ces deutospermatoblastes de la dernière génération qui vont subir des modifications très remarquables, qui les transformeront en spermatozoïdes.

Mais avant d'entrer dans l'étude de ce processus très complexe et très remarquable, je dois revenir sur la première opinion que j'ai professée sur l'origine des deutospermatoblastes de la dernière génération, c'est-à-dire destinés à se transformer en spermatozoïdes, et indiquer les causes de mon erreur.

Voici comment je l'avais sommairement formulée dans ma note du 9 février 1885[1]: «Dans chacun des protospermatoblastes naissent dans le protoplasme, au voisinage du noyau, plusieurs grains réfringents chromatinés qui s'agrègent et se fusionnent. Ainsi sont formés, par *genèse directe*, plusieurs masses homogènes, réfrin-

[1] A. Sabatier ; Comptes rendus de l'Institut, 9 février 1885.

gentes, se colorant vivement. Elles sont d'abord très aplaties, minces, à contour irrégulier, appliquées plus ou moins à la surface du noyau, et elles envahissent peu à peu toute l'épaisseur de la couche protoplasmique. Ces masses ou deutospermatoblastes subissent quelques segmentations directes. Il y en a de 4 à 6 en moyenne sur la coupe optique de la cellule.»

Gilson repousse, avec raison d'ailleurs, cette manière de comprendre la formation des deutospermatoblastes, et déclare avoir vainement cherché à reproduire les apparences trompeuses qui ont pu conduire à ces conclusions.

Les causes de l'erreur où je suis tombé sont de plusieurs ordres. Elles ne sont pas toutes de simples apparences, mais des phénomènes qui demandaient une autre interprétation que celle que je leur donnais. En voici l'énumération.

Parmi les noyaux du blastème, il en est qui se développent très rapidement, deviennent volumineux et sphériques, et compriment fortement les noyaux voisins restés parfois très petits, et qui se présentent alors comme des corpuscules réfringents et aplatis, appliqués à la surface du gros noyau. Le protoplasme du blastème englobe ces accumulations, et il peut en résulter l'apparence de corpuscules réfringents en voie de formation dans l'atmosphère de protoplasme qui enveloppe le gros noyau. L'emploi de bons liquides fixateurs et les coupes suffisamment fines m'ont permis de reconnaître là une erreur.

L'erreur est facile à commettre quand les noyaux en question sont le résultat de la division multiple d'un gros noyau du blastème. Il se forme alors des groupes de noyaux ayant les dimensions et le contour d'un grand protospermatoblaste, et dans lesquels on distingue des noyaux parfois inégaux (Pl. IV, 52 ; Pl. V, 36, 102, 103 ; Pl. VI, 14, 16). Parfois aussi l'un de ces noyaux filles, plus volumineux, acquiert une masse nucléaire assez importante, et peut paraître le noyau de la cellule primitive autour duquel se sont développés les autres noyaux ou corpuscules filles (Pl. V, 114, 115). Ce sont probablement des éléments semblables qui ont porté

Hallez [1] a admettre dans les grandes cellules du testicule une sorte de multiplication endogène : « Dans les plus grandes cellules, dit-il, on rencontre plusieurs noyaux (j'en ai compté jusqu'à huit), et en même temps on remarque que le liquide protoplasmique s'est fractionné en autant de masses distinctes qu'il y a de noyaux... »

On sait que cette multiplication endogène des spermatoblastes des Crustacés décapodes ne se produit pas; mais le fait observé par Hallez n'en est pas moins exact au fond, et se rapporte certainement à la formation de *nids sphériques* de blastème provenant de la division d'un gros noyau de la membrane propre du cul-de-sac testiculaire.

La tendance remarquable du protoplasme des spermatoblastes à présenter une disposition globuleuse, a aussi fortement contribué à m'induire en erreur (Pl. V, 111 ; Pl. VI, 2, 3). Il faut noter en effet, que le protoplasme qui s'est ainsi organisé, est ordinairement riche en granulations, qui se manifestent surtout à la périphérie des globules, et qui se colorent fort bien par les carmins, l'hématoxyline, et parfois aussi, quoique à un faible degré, par le vert méthyle. Sur des dissociations colorées l'épaisseur des couches donne donc à ces sphères une coloration marquée qui peut faire penser à des noyaux peu riches en éléments nucléiniens. Cela est d'autant plus naturel que les globules du protoplasme ont les mêmes dimensions que les petits deutospermatoblastes qui vont se transformer en spermatozoïdes. Mais je dois ajouter que sur les coupes minces les apparences trompeuses sont bien moins accentuées, et que l'usage du vert méthyle acétique démontre bien que l'on ne se trouve pas en présence de corpuscules de nature nucléaire.

En observant certains protospermatoblastes encore jeunes, et où la couche de protoplasme était encore mince, j'avais remarqué, au voisinage du noyau, des croissants composés de grains plus colorés que le reste du corps cellulaire (Pl. I, 1, 3, 10; Pl. II, 8; Pl. V, 99, 100, 101), et qui m'avaient paru le point de départ des masses globulaires du protoplasme. Dans certains cas même, on trouve

[1] P. Hallez; *Note sur le développement des spermatozoïdes des Décapodes brachyures*. Comptes rendus de l'Institut, 27 juillet 1874.

autour du noyau des masses plus ou moins importantes que colore bien le carmin, et qui m'avaient paru constituer le point de départ de la formation des deutospermatoblastes dans le sein du protoplasme des grosses cellules (Pl. VI, 43). Je me suis assuré que c'était là une erreur, et qu'il s'agissait de la formation de granulations ou d'inclusions albuminoïdes dans la couche encore jeune et primitivement claire et hyaline du protoplasme. Ces granulations se retrouvent en effet en très grand nombre dans le protoplasme des cellules adultes, et lui donnent son caractère spécial et sa structure fortement granuleuse. Elles constituent probablement des réserves nutritives.

Mais le fait qui m'avait le plus confirmé dans mon erreur première, c'est la présence dans le protoplasme d'un ou plusieurs noyaux accessoires ou Nebenkern, qui se colorant très vivement par les colorants nucléaires ordinaires, et même par le vert méthyle, m'avaient paru le point de départ des deutospermatoblastes formés ainsi par *genèse directe* dans le protoplasme de la cellule mère (Pl. II, 3).

Enfin des cas tels que celui que j'ai représenté (Pl. II, 23) semblaient appuyer fortement mon opinion, en me montrant, dans le protoplasme de la cellule, des sphérules au centre desquelles se dessinait très nettement un corps réfringent et très colorable qui pouvait être considéré comme un noyau contracté et massif.

Telles sont les principales raisons qui ont dicté ma première opinion; mais j'en ai dit assez pour que le lecteur sache de quelle manière j'ai modifié et rectifié mes premières interprétations; et si j'ai donné quelques explications à cet égard, c'est parce que je pense que l'histoire de la genèse d'une erreur peut aider à en éviter de nouvelles.

Dans le présent chapitre je n'ai pas étudié d'une manière spéciale deux points qui attirent actuellement l'attention des hommes qui s'occupent de biologie cellulaire; je veux désigner par là la question des centres protoplasmiques et des centrosomes, et la question de la réduction des bâtonnets ou éléments chro-

matiques dans les divisions cinétiques des cellules reproductrices. Je réserve le premier point pour une publication spéciale qui exige encore quelques recherches; et quant à la seconde question, le nombre très considérable des tronçons nucléiniens, chez les crustacés que j'ai étudiés, et parfois aussi leur tassement. se sont opposés jusqu'à présent à un dénombrement suffisamment exact pour que je puisse en tirer quelque conclusion.

C'est là un sujet sur lequel je reviendrai également.

Cette partie de mon travail était composée et prête à être tirée, quand j'ai pris connaissance d'un mémoire du Dr Otto vom Rath paru dans les nos des 21 septembre, 5 et 19 octobre du *Zoologischer Anzeiger* de 1891. Dans ce mémoire sont exposées sur l'origine des spermatoblastes des vues qui diffèrent fortement de celles qui ont été émises par Grobben, Gilson, Hermann et moi. Aussi me proposé-je de les discuter dans le chapitre des Conclusions générales qui terminera le présent travail.

RESUMÉ DU CHAPITRE II.

Des Spermatoblastes

§ 1. FORME, DIMENSIONS, STRUCTURE.— Les spermatoblastes sont des cellules parfaites, pourvues d'un noyau et d'une zone propre de protoplasme, qui se trouvent à un moment donné dans les acini du testicule des Décapodes.

Il y en a de deux dimensions, les uns volumineux, les autres ayant un diamètre moitié moindre environ. Ces derniers résultent de la division des premiers. J'appelle les premiers protospermatoblastes, et les seconds deutospermatoblastes. Ces éléments ont reçu diverses dénominations dont le tableau de la pag. 53 expose la synonymie.

Dans les noyaux des spermatoblastes l'élément nucléinien présente suivant l'âge des modifications de forme assez marquées ; il a d'abord la forme d'un réseau à nœuds plus ou moins volumineux, ou sans nœuds accentués. A cette forme succède la forme *irradiée*, ou la forme *à méridiens*.

Dans ces dernières formes, les grains de chromatine peuvent être

disposés sous forme de chapelet ou être tassés en cônes courbes à base périphérique et à sommet central. Ces dernières formes sont les phases ultimes de l'état dit quiescent et préparent la caryocinèse.

Le protoplasme des spermatoblastes forme une couche d'épaisseur très variable. Mince et claire d'abord, elle s'épaissit plus tard, et devient granuleuse.

Le protoplasme se compose de deux parties, le réseau et le liquide ou enchylème renfermant des granules. Le réseau s'accentue et devient plus évident à mesure que les cellules approchent de la maturité.

Le protoplasme tend à prendre une structure *globuleuse*, c'est-à-dire à paraître comme formé de masses sphériques situées autour du noyau. Cette modification résulte d'un excès de développement par points de l'enchylème, qui produit le feutrage du réseau sous forme de membrane.

Par là sont constitués des sphères ou globules limités par une sorte de membrane.

Cette tendance à des formations localisées dans le protoplasme se révèle par l'apparition de corps particuliers qui ont été désignés comme Nebenkern, Nebenkörper, Secretkörper, noyaux accessoires, corpuscules paranucléaires. On a désigné par là des formations très différentes de nature et d'origine. Les unes sont protoplasmiques, d'autres sont nucléaires.

Les Nebenkern ou corpuscules paranucléaires de nature protoplasmique ne sont que des accumulations localisées des granules de l'enchylème. On en trouve à tous les degrés de formation.

Les Nebenkern de nature nucléinienne présentent tous les caractères et toutes les réactions de la nucléine. Certains faits permettent de penser que ce sont des fragments du filament nucléaire détachés pendant la cinèse, et rejetés par un processus violent et irrégulier en dehors de l'influence du mouvement d'attraction et de concentration qui réunira les fragments du filament nucléaire en noyaux filles.

Les Nebenkern soit protoplasmiques, soit nucléaires ne me paraissent pas jouer un rôle important et régulier.

§ 2. Origine des protospermatoblastes et des noyaux du blastème. — L'origine des spermatoblastes se rattache à celle des noyaux du blastème de remplacement.

Le tube testiculaire, *dans ses phases précoces*, présente la forme d'un cylindre creux dont les parois sont formées par des bandes de tissu conjonctif fibrillaires et des éléments cellulaires spéciaux.

Le tissu conjonctif forme le squelette des parois, et présente, vers la périphérie, des espaces ou lacunes constituant des mailles de dimensions variées.

Les éléments cellulaires sont les uns *internes*, c'est-à-dire situés en dedans des parois conjonctives du tube testiculaire, les autres *intra-pariétaux*, c'est-à-dire situés dans l'épaisseur de ces mêmes parois.

Les éléments *internes* forment une couche continue circulaire tapissant la paroi du canal. Les noyaux de ces éléments sont identiques avec les noyaux du blastème. Ils se multiplient comme eux par voie de pulvérisation et de clivage. Ces noyaux sont plongés dans une couche de protoplasme divisée en corps cellulaires dont les limites sont très peu apparentes. C'est un *épithélium*.

Les éléments *intra-pariétaux* sont constitués par des noyaux de dimensions variables, disposés par groupes plus ou moins nombreux, et logés dans les lacunes du tissu conjonctif pariétal. Ces noyaux sont identiques à ceux de l'épithélium, et se divisent comme eux. Mais le protoplasme qui les enveloppe n'est pas divisé en corps cellulaires, et l'on se trouve en présence de nids de blastème ou de vrai plasmodium.

Les deux éléments cellulaires des parois, l'un interne ou épithélial, l'autre intra-pariétal sont des noyaux de structure identique, se divisant identiquement, et ne différant que par l'état de division ou d'indivision du protoplasme, et par leur situation par rapport à la charpente fibro-conjonctive de la paroi du canal.

Ces deux éléments qui constituent le tube testiculaire primitif sont deux formes du même élément. Les uns et les autres en se multipliant formeront des masses ou nids de blastème. Ces nids seront, selon les circonstances, ou centripètes ou centrifuges, et donneront plus tard naissance aux acini ou saillies testiculaires remplis de protospermatoblastes.

Telle est l'origine des premières masses du blastème et des premiers spermatoblastes dans un lieu donné de l'organe testiculaire primitif. Quelle sera l'origine des générations futures de noyaux du blastème et de spermatoblastes ?

Le testicule des Crustacés décapodes possède deux membranes conjonctives d'enveloppe reliées par des tractus : l'enveloppe générale ou membrane commune du testicule, et la membrane propre de l'acinus. Les noyaux de l'enveloppe générale se multiplient peu, mais les noyaux de la membrane propre se divisent et se multiplient fréquemment par sténose, et constituent des couples qui se multiplieront à leur tour et formeront des nids ou groupes de noyaux. Ces noyaux d'abord petits, minces, grossissent et forment des nids *intra-pariétaux*

délimités au dedans et au dehors par des membranes provenant du clivage de la membrane propre du testicule et présentant la forme de *lentilles*. Ce sont là de vrais nids de blastème destinés à fournir une génération nouvelle de spermatoblastes.

Quelques noyaux restés dans l'épaisseur de la membrane externe ou de la membrane interne du nid sont des noyaux de *réserve* destinés à fournir une génération suivante de germes et de nids.

Les nids de blastème provenant de la prolifération des noyaux de la membrane propre, sont centrifuges ou centripètes, suivant que la membrane interne ou la membrane externe est la plus résistante, et suivant le degré de tension du contenu de l'acinus.

A côté des *nids* de la saison reproductrice ou *grands nids*, il faut distinguer les *nids de* l'*arrière-saison* ou *nids tardifs*, à noyaux rares, restes des grands nids, mais dont le développement a été tardif. Ces nids tardifs ou de l'arrière saison ne m'ont pas d'ailleurs paru se présenter d'une manière constante, et semblent réservés à certains cas que je déterminerai plus loin.

Quant à l'examen des idées émises précédemment sur l'origine du blastème, il se limite au très petit nombre d'auteurs qui s'en sont préoccupés[1].

Pour Grobben (1878) les germes de remplacement ne sont que des éléments épithéliaux du testicule dont le protoplasme commun forme une masse indivise.

Gilson (1886) s'est à peu près borné à donner le nom de plasmodium au blastème de Grobben. Mais il commet l'erreur de penser que le protoplasme commun du plasmodium résulte d'une *fusion* des cellules épithéliales primitives des acini testiculaires.

En 1885, j'avais indiqué, comme origine des noyaux du blastème, les noyaux aplatis de la paroi conjonctive du cul-de-sac testiculaire. Ni Grobben, ni Gilson n'avaient reconnu cette origine. Gilson va même jusqu'à considérer mon opinion comme *évidemment pas soutenable*. J'espère avoir démontré qu'il est dans l'erreur !

Quant au processus de formation des spermatoblastes, Grobben professe qu'il consiste en ce que certains noyaux du blastème atteignent une grosseur notable, et en ce qu'une portion du protoplasme du blastème *se délimite* autour d'eux comme corps cellulaire. Gilson se borne à partager l'opinion de Grobben. Hermann (1890) la partage

[1] Voir le *dernier alinéa du chapitre* II, relatif au mémoire du Dr Otto vom Rath.

également. Dès 1885 j'avais dit que certains noyaux du blastème grossissent et que la zone de protoplasme, d'abord *à peine visible*, *s'épaissit progressivement.*

Ainsi donc, pour moi comme pour Grobben et Gilson, les spermatoblastes proviennent des noyaux du blastème. Seulement, tandis que ces deux auteurs attribuent l'origine du protoplasme du spermatoblaste à la délimitation autour du noyau d'une zone découpée dans la masse commune du protoplasme, je pense au contraire que le protoplasme est produit par le noyau, ou résulte tout au moins d'une différenciation du noyau du blastème en noyau et en protoplasme du spermatoblaste. Le protoplasme commun du blastème s'altère, devient granuleux, vésiculeux, aréolaire, et constitue un protoplasme dégénéré. Je le désigne comme protoplasme *caduc.*

Quand les spermatoblastes proviennent de l'épithélium du tube testiculaire, le protoplasme des cellules épithéliales devient granuleux, aréolaire, et les limites des corps cellulaires s'effacent par suite de l'altération du protoplasme, qui devient aussi un protoplasme *caduc*. Ce n'est pas là, à proprement parler, une *fusion de cellules*, comme le veut Gilson. C'est une dégénérescence et une altération. Les corps cellulaires des spermatoblastes se forment ici également par une différenciation du noyau en noyau et cytoplasme, ou par une sécrétion du cytoplasme par le noyau.

§ 3. Multiplication des spermatoblastes.— Grobben le premier signala la division caryocinétique dans les cellules des Décapodes, et la figura.

Nussbaum l'a aussi figurée à son tour.

Carnoy en a fait une étude très détaillée. Tout en reconnaissant que c'est là le procédé général de multiplication des spermatoblastes, il a *soupçonné* la possibilité de leur multiplication par division directe, *au début* de la saison de multiplication.

J'ai observé cette division directe vers la *fin* de cette saison et non au début. Elle avait lieu sur de gros spermatoblastes dont la nucléine présentait la forme réticulée à grains fins et sans nœuds. Ce sont des spermatoblastes de formation récente, mais tardive, c'est-à-dire provenant des nids de l'arrière-saison.

Dans la cinèse des spermatoblastes, la forme *pelotonnée* de l'élément nucléinien est rare, tandis que la forme *réticulée* est la règle. A elle succède la forme *irradiée.*

Les tronçons nucléiniens sont assez généralement très pressés et

peu distincts, et chez *Pagurus*, notamment, le noyau prend un aspect condensé et massif.

La division longitudinale des tronçons m'a paru assez probable dans quelques cas. Mais ni Carnoy, ni moi, n'avons pu en saisir la preuve certaine.

La disposition en couronne des bâtonnets de la plaque équatoriale, que Carnoy y a observée quelquefois, m'a paru relativement rare. On peut observer tous les degrés entre cette forme et la forme à bâtonnets dispersés dans tout le champ équatorial.

Chez les Pagurides on rencontre une série très intéressante de formes inférieures de la cinèse reliant ces formes inférieures à la division directe. La plaque équatoriale peut être un disque massif régulier ou déchiqueté avec pointes et sinus. On y constate aussi parfois l'absence totale ou relative du fuseau et des asters.

La phase de division et d'écartement des plaques polaires peut revêtir deux formes principales. Ou bien il y a clivage simultané sur toute l'etendue de la plaque équatoriale, ou bien le clivage commence sur la circonférence et s'étend peu à peu vers le centre, les deux plaques restant d'abord réunies par un pédicule central. Ces deux formes sont liées à deux dispositions différentes des tronçons nucléiniens.

Il y a généralement trois générations de spermatoblastes résultant de deux périodes successives de division. Les deutospermatoblastes résultant de ces divisions ont des dimensions décroissantes. Ceux de la dernière génération sont appelés à se transformer en spermatozoïdes.

J'avais cru d'abord à la *genèse directe* des deutospermatoblastes dans le protoplasme des protospermatoblastes au voisinage du noyau. Des études ultérieures m'ont démontré que j'étais dans l'erreur, et j'expose à la fin de ce chapitre les causes de mon erreur et les apparences qui y ont donné lieu.

L'étude des centrosomes et des centres protoplasmiques dans la cinèse doit faire l'objet d'un travail spécial ultérieur ; et quant à la réduction du nombre des tronçons nucléiniens dans la caryocinèse des spermatoblastes, le nombre considérable de ces tronçons chez les Décapodes ne m'a pas permis d'en faire un dénombrement suffisamment exact pour que je puisse formuler encore une conclusion assez précise.

DEUXIÈME PARTIE.

STRUCTURE ET DÉVELOPPEMENT DES SPERMATOZOÏDES[1]

CHAPITRE PREMIER.

ASTACUS FLUVIATILIS.

§ 1. — DES SPERMATOBLASTES.

On peut avancer que la formation du spermatozoïde chez les Crustacés décapodes est le résultat de processus des plus singuliers et des plus complexes. Aussi leur étude présente-t-elle des difficultés sérieuses, qui peuvent expliquer les divergences de vue des naturalistes qui se sont occupés de la question. J'ai cherché à me rendre compte de tous les détails de ce processus, et je me propose de faire ici une analyse aussi complète que possible du phénomène, afin de discuter avec connaissance de cause les opinions déjà émises et d'appuyer sur de très nombreuses observations mes propres vues sur la matière.

Il conviendrait peut-être de décrire les spermatozoïdes des Décapodes, afin de fixer le lecteur sur les formes dont je me pro-

[1] Chacun des chapitres de cette seconde partie renferme dans le texte même un résumé de son contenu et les conclusions qui me paraissent en résulter. Le lecteur pourra facilement distinguer et retrouver cette partie du texte. Aussi me dispenserai-je de placer à la fin de chaque chapitre, comme je l'ai fait pour la première partie, un résumé spécial distinct par sa position et par les dimensions du caractère.

pose d'exposer la genèse et sur les dénominations qui leur sont appliquées.

Mais la description résultera de l'étude même de la genèse des parties qui composent le spermatozoïde aux dépens d'une cellule spermatique ou deutospermatoblaste. Je vais d'abord aborder cette étude en suivant l'ordre même de l'apparition des phénomènes. Je prends pour type de ma description *Astacus fluviatilis*, sauf à indiquer ultérieurement ce que présentent d'analogue ou de différent les autres types que j'ai étudiés. Je me sens d'ailleurs d'autant plus autorisé à m'attacher à un type particulier, que les phénomènes varient généralement peu dans la plupart des cas d'un Décapode à l'autre, et qu'il y a pour ce processus, si complexe en lui-même, une remarquable uniformité dans le groupe des Décapodes, en en exceptant les Carides.

Je ne reviendrai pas sur ce que j'ai déjà dit des spermatoblastes et de leur origine. Les assertions que j'ai émises à ce sujet sont basées sur des observations faites chez *Astacus*, aussi bien que chez les autres Décapodes que j'ai étudiés. Il convient seulement de dire que c'est spécialement chez *Astacus* que j'ai rencontré et observé ce que j'ai appelé les nids tardifs ou de l'arrière saison. Les dessins que j'en ai donnés (Pl. I, 4, 8, 13), appartiennent exclusivement à *Astacus*; et je n'ai pas souvenance d'en avoir rencontré chez les Décapodes marins que j'ai étudiés, ce qui m'autorise à penser que, s'ils y existent, ils sont du moins assez rares. Cette différence me semble pouvoir être expliquée par cette condition que les *Astacus* que l'on étudie pendant les mois tardifs et déjà froids sont des animaux pêchés pendant les mois chauds et élevés en captivité dans des aquariums; tandis que les Décapodes marins peuvent être facilement, et sont en effet, capturés toute l'année pour l'étude, au milieu de leurs conditions normales d'existence. Or on sait combien la captivité et le transport de certains animaux dans un milieu qui n'est pas leur milieu naturel sont capables de modifier et d'altérer les

fonctions reproductrices. C'est peut-être par cette circonstance qu'il faut expliquer les inégalités de développement et les retards partiels et localisés que l'on observe surtout dans les processus de la spermatogenèse d'*Astacus*.

Prenons la cellule spermatique ou deutospermatoblaste d'*Astacus* au moment où vont commencer les transformations qui aboutiront au spermatozoïde. Cette cellule a pour caractère particulier d'avoir un noyau volumineux par rapport au corps cellulaire. Ces cellules ont environ 0mm,018 à 0mm,020 de diamètre. Les noyaux volumineux présentent la nucléine à l'état de réseau, et par petits grains disséminés assez également dans toute l'étendue du noyau. Le corps protoplasmique, assez mince relativement, se rétracte parfois sous l'influence des réactifs, et semble alors avoir disparu pour ne laisser que les noyaux qui se colorent d'ailleurs d'une manière peu intense (Pl. I, 13). Mais sur d'autres points de la préparation on peut distinguer autour des noyaux une couche mince de protoplasme pâle (Pl. I, 14). Ces cellules sont sphériques dans la grande majorité des cas. Quelques-unes présentent cependant des formes plus ou moins aplaties, et le noyau a assez souvent la forme aplatie et discoïdale. Grobben [1] prétend que dans les cellules de la grosseur énoncée il a toujours trouvé le noyau aplati et placé excentriquement, et à côté de lui une vacuole dont la situation est également excentrique. Mais il est évident qu'en parlant ainsi Grobben vise une période ultérieure dont il sera question plus tard. Il est positif également que dans un certain nombre de cellules, et avant l'apparition de la vacuole, le noyau est aplati, et dans ce cas-là il est ou n'est pas excentrique. Gilson [2] énonce comme un fait très général, que la cellule spermatique d'*Astacus* prend une forme aplatie, et que son noyau revêt aussi la forme d'un disque. Ainsi énoncée, cette proposition est trop générale, et il est plus exact de dire que dans certains cas la cellule spermatique a une forme

[1] Grobben ; *loc. cit.*, pag. 38.

[2] Gilson ; *Spermatog. des Arthropodes* (Suite). *La cellule*, II, 1er fascicule, 1886 pag. 138.

aplatie, et que dans un plus grand nombre de cas, la cellule étant sphérique, le noyau présente cependant une forme aplatie (Pl. VI, 59). C'est là d'ailleurs un fait très variable suivant les sujets, et suivant même les divers points d'une même préparation.

A quoi tiennent ces formes singulières dans des cellules, où n'a pas encore apparu la vacuole qui deviendra plus tard la cause de déformations du noyau? C'est ce que ne disent ni Grobben ni Gilson. Voici l'explication qui me paraît devoir être donnée. Ces noyaux discoïdes sont en réalité des plaques ou couronnes polaires qui n'ont pas repris la forme nucléaire vésiculaire arrondie. Il est remarquable en effet que dans ces cas le noyau reste massif et semble composé de grains pressés et vivement colorés. (Pl. VI, 59). On trouve en effet dans les coupes ou dans les dissociations des cellules spermatiques telles que Pl. VI, 82, 83, 84, qui résultent selon toute apparence de segmentations très récentes telles que Pl. IV, 35, et où les couronnes polaires encore formées de bâtonnets serrés sont restées excentriques. Ce retard dans le retour à la forme normale pourrait bien tenir à ce que, dans ces segmentations ultimes qui succèdent en très peu de temps à plusieurs autres, les forces qui président à la cinèse de la cellule soient parfois épuisées, et alors les derniers phénomènes qui couronnent la scène cinétique, c'est-à-dire le retour des couronnes polaires à la constitution et à la situation centrale des noyaux normaux, ne se fait qu'avec lenteur. Sans compter que de nouvelles tendances vont absorber l'activité cellulaire et la détourner de son œuvre précédente. Presque toujours cependant, dans ces cas même, le noyau resté discoïdal et plus ou moins massif reprend sa situation au centre de la cellule; et je crois fortement que c'est la forme aplatie du noyau qui contribue à déformer la cellule tout entière et à lui imprimer une forme aplatie, quand la cellule a cette forme, ce qui, je le répète, est réellement assez rare.

§ 2. — DE LA VÉSICULE OU COUPE.

Dans la cellule spermatique telle que nous venons de l'étudier va se produire une manifestation importante. C'est l'apparition

au voisinage du noyau et dans le protoplasme d'un corpuscule particulier qui va jouer un grand rôle dans la formation du spermatozoïde.

Ce corpuscule, considéré à une période un peu avancée, forme une vésicule sphérique située auprès du noyau et exerçant sur ce dernier une pression qui tend à le déplacer et à le déformer (Pl. VI, 66). C'est à cette phase de développement qu'il a été représenté par Grobben [1] d'abord, par Nussbaum [2] ensuite, et enfin par Gilson [3]. Je suis surpris qu'aucun de ces auteurs précités n'ait représenté ce corpuscule à une période plus voisine de sa naissance. Hermann l'a représenté chez *Astacus* [4], à une période un peu moins avancée et chez *Stenorhynchus* [5] à une période très voisine du début. Mais pour l'exposé et la critique des observations et des idées d'Hermann, je renvoie à un appendice placé à la fin de cette étude de la spermatogenèse d'*Astacus*.

Avant de m'arrêter à décrire le corpuscule et ses transformations, je vais m'occuper immédiatement de discuter son origine et sa structure. L'histoire de son développement ultérieur donnera des renseignements suffisants sur sa constitution et sur le rôle qu'il joue dans la formation du spermatozoïde.

Si aucun des auteurs précités n'a représenté le corpuscule au moment où il prend naissance, tous se sont cependant préoccupés de son origine et de sa nature. Voici ce qu'en dit Grobben [6] à propos d'*Astacus* : « A côté du noyau, qui est toujours excentrique et aplati, se trouve une vacuole qui est également excentrique. Comment naît cette vacuole ? je n'ai pu m'en convaincre avec certitude. Est-elle due à une accumulation intra-cellulaire de liquide à côté du noyau ? ou bien provient-elle de suc nucléaire expulsé du noyau ? je reste dans le doute. Cependant je suis près

[1] Grobben ; *loc. cit.* Pl. III, fig. 18.
[2] Nussbaum ; *loc. cit.* Pl. XI, fig. 58 et 59.
[3] Gilson ; *loc. cit.* Pl. XI, fig. 431 et 432.
[4] Hermann ; *Note sur la structure* (*Bulletin scientif.* 1890) fig. IV.
[5] Id. *Congrès de Copenhague*, 1884 (Pl. II, fig. 2 A.).
[6] Grobben ; *loc. cit.*, pag. 38.

de considérer la dernière opinion comme la vraie, en vertu d'une forme que je n'ai observée qu'une fois et qui est reproduite Pl. III fig. 18; à l'appui de cette opinion concourt la grosseur plus considérable du noyau à ce stade comparativement à la grosseur du noyau du stade le plus rapproché que j'ai aussi représenté ».

Ainsi donc Grobben incline à voir dans la vacuole un élément expulsé du noyau. Mais je dois faire remarquer que la fig. 18, Pl. III qu'il invoque comme argument, loin de nous faire assister à une phase de début de la vacuole, représente une vacuole déjà avancée en âge, et dont les relations de contact et de figure avec le noyau pourraient tout aussi bien être considérées, sans réplique possible, comme des conséquences de transformations antérieures et d'un accroissement de volume déjà très marqué de la vacuole.

C'est d'ailleurs l'opinion de Nussbaum [1], qui dit que dans les spermatocytes provenant de la division indirecte des spermatogonies, on reconnaît aussitôt à côté du noyau un corps clair, excentrique, qui selon toute apparence est né dans le protoplasma. Du moins, dit-il, il *ne se place au voisinage du noyau que plus tard*, quand il se développe en volume. Nussbaum désigne le corps comme Nebenkern.

Hermann [2] dit simplement que la formation du spermatozoïde débute, comme chez les Vertébrés, par l'apparition d'un *nodule céphalique* dans le spermatoblaste, au contact du noyau, et au pôle antérieur de ce dernier. Ce nodule se transforme en une *vésicule* transparente, ayant d'abord la forme d'un segment de sphère appliqué sur le noyau, et s'élargissant ensuite progressivement pour devenir sphérique.

Il me semble ressortir de là qu'Hermann pense que la vésicule apparaît avec une consistance *solide*, sous forme de nodule. Ce nodule apparaît au contact du noyau; mais provient-il du protoplasme ou du noyau? Hermann n'en dit rien [3].

[1] Nussbaum; *loc. cit.*, 1884.
[2] Hermann; *loc. cit.*, 1883.
[3] Id.; *loc. cit.*, 1890.

Gilson [1] est plus explicite, puisqu'il affirme que la vésicule ou la coupe dérive de la transformation d'une simple vacuole qui apparaît dans le cytoplasme. A l'appui de son opinion Gilson cite la fig. 431 de son mémoire où, dit-il, cette vacuole est encore *très rudimentaire*. Gilson fait remarquer qu'il arrive qu'au premier moment de sa formation on en observe deux ou plusieurs, qui ne tardent pas à se fusionner pour n'en plus constituer qu'une seule. Il n'a jamais vu la vésicule débuter par l'apparition d'un corps solide qui se creuserait ensuite en se dilatant.

Je me suis attaché à saisir la période initiale de la vésicule et à surprendre sa première apparition. Quoique j'aie observé un très grand nombre de sujets et à des époques très différentes, il ne m'est pas souvent arrivé de mettre la main sur des préparations me donnant complète satisfaction à cet égard, et même chez les sujets qui ont donné lieu à mes meilleures observations, les régions favorables étaient très peu nombreuses, et dans la plupart des parties testiculaires les vésicules avaient déjà atteint des dimensions notables, et étaient déjà bien individualisées. J'en conclus que dès leur apparition les vésicules acquièrent un accroissement rapide de volume et que la phase d'apparition doit être extrêmement fugace. C'est à cela sans doute qu'il faut attribuer cette circonstance que ni Grobben, ni Nussbaum, ni Gilson, ni Hermann (chez l'Ecrevisse), qui ont cependant accompagné leurs mémoires de très nombreuses figures (Grobben et Gilson surtout), n'ont donné que des phases déjà avancées de la vie de la vésicule.

Voici ce que j'ai observé chez *Astacus fluviatilis* et chez *Pagurus striatus*.

Chez un *Astacus* du 1er septembre, le testicule fixé par la solution aqueuse saturée de bichlorure de mercure, durci par la série ascendante des alcools, débité en coupes minces et coloré sur coupes par le carmin boraté de Grenacher, m'a permis de constater des états divers de développement du Nebenkern, ou noyau accessoire, vésicule, ou vacuole. Les divers acini testiculaires étaient remplis

[1] Gilson ; *loc. cit.*, pag. 139.

en effet de deutospermatoblastes en voie de transformation. La phase de développement variable d'un acinus à l'autre était à peu de chose près la même pour tous les deutospermatoblastes d'un même acinus. Dans quelques acini on voyait des deutospermatoblastes tels que Pl. VI, 59 dont quelques-uns *b* avaient un beau et gros noyau arrondi, d'autres *c* avaient un noyau déformé, légèrement aplati, d'autres *d* un noyau très aplati et massif rappelant les plaques polaires à bâtonnets serrés et pressés, c'est-à-dire toutes les formes que présente le noyau dans les dernières phases de la caryocinèse depuis le stade à plaques polaires écartées, jusqu'au stade à noyau arrondi, normal et réticulé.

Parmi ces éléments qui avaient très généralement sur la coupe $0^{mm},016$ de diamètre, s'en trouvaient çà et là, mais assez rares, quelques-uns tels que *a* ayant $0^{mm},021$ de diamètre et représentant des protospermatoblastes qui n'ont pas encore subi la dernière division et qui peut-être se transformeront en spermatozoïdes avant de l'avoir subie.

Dans d'autres acini se trouvent des deutospermatoblastes qui ne diffèrent des premiers que par un détail à peine saisissable, qui échappe certainement dans bon nombre de cas, et qui a néanmoins une importance considérable. Il s'agit de la présence sur un lieu de la surface du noyau, d'un point coloré par le carmin d'une manière très intense, et très réfringent (Pl. VI, 60, 72). Ce point, *extrêmement petit,* n'est bien aperçu qu'avec de forts grossissements ; encore n'est-il rendu sensible qu'en vertu de sa coloration très intense, et par sa grande réfringence. Il surpasse largement sous ce rapport les grains de nucléine du noyau, et ne saurait par conséquent être confondu avec eux. Ce point est bien réellement accolé à la surface du noyau, et fait dans le protoplasme une saillie proportionnelle à ses dimensions. Dans des cellules voisines on le trouve déjà un peu plus volumineux (Pl. VI, 61, 73, 74, 75) ; et l'on s'aperçoit alors qu'il a perdu le contact avec le noyau, soit parce qu'il s'est éloigné, soit parce que la surface du noyau s'est déjà excavée légèrement à son niveau pour former une coupe peu profonde dans laquelle le point coloré est reçu. Dans d'autres acini le point a

grossi encore, et s'est encore plus émancipé du noyau, qui s'est encore plus déformé ou excavé pour le recevoir. Mais dans ces deux derniers cas il y a toujours entre le noyau et le nouveau corpuscule une lame plus ou moins épaisse du protoplasme cellulaire. La phase suivante (Pl. VI, 65, 76, 77, 78) se retrouve dans d'autres acini, et correspond à des dimensions plus marquées du corpuscule et à une déformation plus prononcée du noyau vers l'aplatissement et l'excavation.

Dans toutes les phases que nous venons d'examiner, le corpuscule est rigoureusement et régulièrement sphérique et présente une coloration et une réfringence uniformément intenses dans toute son étendue. Le vert méthyle le colore fort bien (Pl. X, 88, 89).

Ce sont là chez *Astacus* les phases les plus précoces, les premières phases de l'apparition de ce qui sera plus tard la vésicule.

Quoique je m'attache spécialement en ce moment au cas d'*Astacus*, je dirai également ici ce que j'ai observé chez *Pagurus striatus* afin de pouvoir formuler et appuyer mes conclusions sur cette question particulière de l'origine et de la nature de la vésicule. Chez *Pagurus striatus* on trouve dans le courant des mois de mars, avril, juin, des poches occupées en partie par des deutospermatoblastes, parmi lesquels se trouvent çà et là quelques protospermatoblastes encore non segmentés (Pl. VI, 17 *a*, *b*).

Sur des coupes faites après fixation par le sublimé, durcissement par les alcools et coloration par le carmin aluné, j'ai aperçu dans le protoplasme au contact même du noyau un petit grain très réfringent (Pl. VI, 19 *a*), qui grossit ensuite soit en conservant sa forme sphérique (Pl. VI, 18), soit en formant un ellipsoïde qui se distingue toujours plus du noyau (Pl. VII, 64, 65, 66). Ces corpuscules à surface unie et régulière étaient légèrement colorés par le carmin aluné, mais très réfringents.

Chez *Pagurus striatus* j'ai pu observer dans des cas rares la naissance au voisinage du noyau d'un certain nombre de ces très petits grains très réfringents qui se coloraient bien par l'hématoxyline. Dans un cas même, observé au mois de novembre après

fixation dans le liquide de Müller, coloration par l'hématoxyline, et inclusion dans la glycérine, j'ai trouvé un certain nombre de formes aberrantes dignes d'intérêt. C'étaient des deutospermatoblastes dans le protoplasme desquels existaient un certain nombre de corpuscules très réfringents et vivement colorés par l'hématoxyline (Pl. VII, 27, 28, 29). De ces corpuscules les uns étaient très petits, d'autres dejà gros; les uns étaient très voisins du noyau, d'autres plus ou moins éloignés. Mais tous avaient des formes arrondies, les petits étant sphériques, les autres plus ou moins ellipsoïdaux.

Gilson[1] dit qu'au *moment de la formation* de la vacuole chez *Astacus*, on peut parfois en observer deux ou plusieurs qui ne tardent pas à se fusionner en une seule. Il représente en effet chez *Homarus vulgaris* fig. 456 et 457, chez *Pagurus callidus* fig. 476, et chez *Paguristes maculatus* fig. 575, des cas de vacuoles multiples. Mais la plupart de ces vacuoles sont déjà volumineuses, et ne correspondent certainement pas *au premier moment* de la formation.

De l'étude qui précède résultent, me semble-t-il, des éléments capables de nous permettre de répondre aux questions posées. Quelle est l'origine de la vésicule? Quelle est sa constitution au moment de sa formation?

La vésicule apparaît dès le début dans le protoplasme au voisinage et *au contact même* du noyau. Elle naît sous forme de vésicule et non sous forme de nodule solide ainsi que le pense Hermann, car elle a toujours dès le début une forme sphérique ou ellipsoïde régulière qu'elle conserve pendant quelque temps encore tout en augmentant de volume, ce qui se concilie mieux avec la consistance liquide qu'avec une consistance solide. Son accroissement dans les premières phases se fait d'ailleurs en masse et non par couches successives, ce qui se concilie mieux aussi avec la consistance liquide, qu'avec une consistance solide. La coexistence constatée parfois de plusieurs vésicules qui se fusionnent plus

[1] Gilson; *loc. cit.*

tard en une seule, se comprend peu avec des corps solides et se comprend facilement pour des liquides. Le rapprochement et la réunion des premiers donnerait lieu à une agglomération framboisée, et non à une fusion parfaite en un corps à surfaces courbes régulières. Elle ne saurait être considérée dès le début, comme le veut Gilson, comme la transformation d'une simple vacuole du cytoplasme, car elle est bien plus réfringente que les vacuoles ordinaires du cytoplasme, et elle se colore bien plus vivement qu'elles par le carmin et l'hématoxyline.

Elle ne peut non plus être regardée, avec Grobben, comme provenant d'une goutte de suc nucléaire expulsé dans le protoplasme; car sur les cellules (Pl. VI, 60, 61, 62, 63, 64; Pl. VII, 27, 28, 29, 30) elle présentait beaucoup plus de réfringence et une coloration vive qui faisait défaut au suc nucléaire. C'est donc une production nouvelle qui présente bien plus les caractères de la nucléine que ceux du suc nucléaire et du protoplasme, vu son affinité pour les colorants et son pouvoir réfringent; et si l'on était en droit de juger de sa nature par ces deux caractères seulement, on pourrait la considérer comme de la nucléine liquide.

La vésicule née au contact du noyau s'en sépare bientôt légèrement, pour s'en rapprocher plus tard dans des conditions spéciales, ainsi que nous le verrons. Lorsque Gilson considère la vésicule comme étant d'abord une simple vacuole qui apparaît dans le cytoplasme, la preuve qu'il en donne n'est point légitime, car elle repose sur la fig. 431, où la vésicule déjà grande a pu s'éloigner du noyau, et n'est donc pas dans sa phase de première apparition. Mais les cas de très petites vésicules multiples disséminées dans le protoplasme, tels que ceux que j'ai figurés, sont plus propres à faire une semblable démonstration.

Nous venons de suivre la vésicule dans la première période de son existence. Elle comprend sa première apparition et les phases d'accroissement de volume sans changement dans l'aspect et la structure. Nous avons vu en effet la vésicule grossir sous forme d'une sphère homogène dans toute son étendue. Maintenant vont

se montrer des modifications notables de la forme et de la constitution, que nous allons suivre pas à pas. Pour fixer le lecteur sur l'orientation de mes dessins, je préviens que, comme l'a fait Grobben, pour *Astacus* du moins, je placerai toujours la vésicule à la partie inférieure de la figure, c'est à-dire au-dessous du noyau. Je donnerai dans mes conclusions générales la raison de cette orientation. J'expose d'abord le résultat de mes observations ; l'exposition et la critique de celles de mes prédécesseurs viendront ensuite.

Le contenu coloré de la vésicule semble se diviser en deux parties, une partie colorée et très réfringente qui est reléguée à la partie supérieure, c'est-à-dire au voisinage du noyau, et une partie claire peu colorée ou même incolore, non réfringente, qui forme une saillie vers le pôle opposé.

La partie supérieure et colorée semble une partie solide qui s'est pour ainsi dire précipitée, et qui forme une sorte de coupe ou calotte à concavité inférieure constituant la paroi supérieure de la vésicule, tandis que la portion claire et peu réfringente apparaît comme un liquide dépouillé des parties réfringentes et colorées qu'il tenait en dissolution, et qui se sont précipitées sur la face supérieure sous forme de coupe (Pl. VI, 65) à bords tranchants. Cette division de la vésicule en deux régions s'accompagne d'un léger aplatissement qu'il faut attribuer sans doute à la résistance qu'oppose le noyau à l'accroissement de son diamètre vertical.

A partir de ce moment, la vésicule continue à croître et à augmenter de volume. La portion claire, vésiculeuse, liquide, augmente, et en même temps le dépôt solide s'accroît en étendue sur sa face supérieure (Pl. VI, 66, 67). Cette coupe ou cloche réfringente se creuse. En outre, le dépôt réfringent qui en constitue les parois, d'abord limité à la face supérieure de la vésicule, en gagne progressivement les parois latérales (Pl. VI, 67) et même la face inférieure, ne laissant libre qu'un cercle très limité (Pl. VI, 69), qui présente l'aspect d'un orifice, mais qui en réalité est encore fermé par la membrane mince de la vésicule.

Un détail très important par les conclusions qu'il nous fournira, c'est, dans certaines vésicules, l'apparition sur la face inférieure

d'un petit anneau étroit et très délié autour de cet orifice apparent, avant que les parois latérales aient été envahies par le dépôt réfringent. Sur les fig. Pl. VI, 66, 67 cet anneau est indiqué par deux points réfringents qui représentent la coupe de l'anneau. Mais dans bien d'autres cas (Pl. VI, 68, 99, 100, 105, 106, 108, 109, 112, 115, 117), l'anneau est plus large et plus apparent sur le profil.

Enfin le dépôt supérieur de la cloche atteint en se développant le dépôt circulaire de l'orifice inférieur (Pl VI, 69) ; et la cloche présente des bords recourbés limitant un orifice étroit. Ces bords acquièrent même ultérieurement une épaisseur supérieure à celle du fond.

Jusqu'à présent la coupe a conservé la forme sphérique légèrement surbaissée ou aplatie. Maintenant vont survenir des modifications de forme assez notables. La forme sphérique tend à disparaitre pour faire place à la forme annulaire. Les parois latérales deviennent plates au lieu d'être bombées, et elles forment un angle saillant extérieurement avec les bords mêmes de l'orifice de la cloche (Pl. VI, 70, 129, 130, 131, 132). Les bords de la cloche dans quelques cas se recourbent même en dedans, vers l'intérieur de la vésicule.

En même temps la face supérieure ou dôme de la cloche s'amincit, s'affaisse et s'aplatit. Dans une phase ultérieure (Pl. VI, 60) la face supérieure aplatie de la cloche s'amincit encore plus, et finit par s'excaver et se percer d'un orifice central dont les bords amincis se replient vers l'intérieur de la vésicule, de manière à former une sorte de court entonnoir. En cet état, on le voit, la vésicule a pris la forme d'un anneau, dont les bords supérieurs et inférieurs, recourbés en dedans à des degrés divers, délimitent des orifices bien plus étroits que le diamètre du corps de l'anneau. C'est là, à peu de chose près, la forme définitive de la vésicule et l'aspect général qu'elle présentera dans le spermatozoïde complètement formé.

On peut observer encore un autre processus de formation de la cloche, qui ne se distingue du premier que par des différences

dans les dates d'apparition des phénomènes. Il arrive en effet que la vésicule, au lieu d'apparaître sous la forme d'une vésicule très sensible aux colorants nucléaires comme l'hématoxyline, le carmin, se présente comme une vésicule claire, hyaline, se colorant très faiblement ou pas du tout (Pl. VI, 86, 87). Ce n'est que lorsqu'elle a atteint un volume déjà important, qu'il commence à se faire dans la coupole voisine du noyau, un dépôt de fins granules qui se multiplient et s'agrégent de manière à constituer progressivement les parois de la cloche (Pl. VI, 88, 89, 88 *bis*). C'est là d'ailleurs le mode de développement que représentent les fig. 18, 19 et 20, Pl. III, du mémoire de Grobben. Ce dernier mode de développement de la cloche s'observe très fréquemment chez *Pagurus striatus* et la plupart des Décapodes.

Mais je dois ajouter que dans bien des cas on observe des formes intermédiaires aux deux précédentes, c'est-à-dire de grandes vésicules non réfringentes, mais plus sensibles aux colorants nucléaires, et dans lesquelles la ségrégation de la partie solide et réfringente ne se fait que tardivement. On voit donc que la différence principale entre tous ces cas consiste surtout en ceci, que la transformation d'une partie du contenu de la vésicule en une substance capable de se précipiter comme substance solide, réfringente, et colorable par les colorants nucléaires, se fait tantôt dès les premiers âges de la vésicule, tantôt à une période plus ou moins avancée de son développement. Il convient, dans l'étude de ces phénomènes, de tenir compte de toutes ces contingences.

En même temps que les parois de la vésicule subissent les déformations dont nous avons parlé, il se produit dans sa cavité même des modifications importantes qu'il est temps de décrire. J'analyserai ensuite les causes et le processus intime de ces transformations de la vésicule.

§ 3. — DE LA TANGELLE OU BATTANT DE CLOCHE.

Quand la cloche est formée, c'est-à-dire quand ses parois sont complètes ou à peu près complètes, mais avant que leur forme ait subi les dernières modifications, on voit apparaître dans le fond de

la vésicule et contre la paroi, une sorte de nuage floconneux et finement granuleux, qui forme d'abord une saillie peu marquée étendue en général à tout le fond de la vésicule. Cette saillie se colore faiblement par le carmin, par l'hématoxyline, mais pas plus que le protoplasme de la cellule ; le vert méthyle ne la colore pas du tout (Pl. VI, 69, 103, 115, 123 ; Pl. X, 91, 93, 94, 95, 96, 99). D'autres fois cette saillie est plus prononcée et forme une sorte de cône plus ou moins saillant et irrégulier (Pl. VI, 103, 114, 115, 117, 125, 136, 137, 138 ; Pl. VII, 218, 220, 221) ; mais il est possible et même probable que ces formes saillantes représentent des phases postérieures à la période de début. Ce qui semble le démontrer, c'est que chez les spermatozoïdes plus avancés, la forme la plus ordinaire est la forme de bouton supporté par une courte tige, ou de battant de cloche (Pl. VI, 70, 93, 97, 98, 106, 107, 112, 116, 119, 127, 133, 134, 135).

Mais il survient alors dans ce bouton intérieur une modification remarquable, qui n'est peut-être pas constante, mais qui s'observe dans un très grand nombre de cas. Il apparaît en effet quelques grains réfringents et fortement colorés par le vert méthyle, l'hématoxyline, le carmin, et qui paraissent d'une nature identique à la substance des parois de la coupe. Ces grains peuvent être rares ou nombreux, et occuper une partie ou presque tout le volume du bouton (Pl. VI, 92, 99, 100, 104, 105, 108, 109, 110, 111, 118, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 139 ; Pl. VII, 1, 3, 217, 219, 222). Cette substance très réfringente se dépose par grains, qui sont d'abord rares et petits, et qui plus tard se multiplient, s'agglomèrent et grossissent. A côté des boutons non réfringents et non colorables et des boutons à grains réfringents et très colorés, s'observent des formes intermédiaires, où la substance des boutons paraît plus dense que dans les premiers et se colore modérément sans acquérir une réfringence bien marquée.

Le bouton ainsi formé peut persister dans le spermatozoïde mûr, mais il peut aussi être résorbé. Le plus souvent, il se modifie suivant un processus que j'exposerai un peu plus loin.

Après avoir ainsi passé minutieusement en revue la série des modifications que l'on observe dans la vésicule depuis son origine jusqu'à sa constitution définitive, je dois, ainsi que je l'ai annoncé, entrer plus avant dans l'intimité du mécanisme qui préside à ces transformations. Pour cela l'étude des dissociations m'a été extrêmement utile. Généralement je traitais les tissus extraits de l'animal vivant par la liqueur de Ripart et Petit pour les fixer, et par le vert méthyle acétique pour les colorer. Ou bien j'employais, comme moyen à la fois de fixation et de coloration, le vert méthyle acéto-osmique.

Enfin j'ai également employé la liqueur de Ripart et Petit additionnée de quantité égale d'une solution d'acide osmique au 1/500 selon la formule de Gilson, et je colorais ensuite par le vert méthyle acétique.

Comme colorant, j'ai également employé les doubles colorations de brun bismark et vert méthyle ou bien d'hématoxyline et éosine ou safranine. Par ces diverses méthodes j'ai obtenu des résultats très nets et très précis que je vais exposer.

Une première question se pose: Quel est le processus de formation de la coupe ou cloche? Comment se forme cette paroi de substance solide, réfringente, et si sensible aux colorants nucléaires? Je puis à cette question donner une réponse satisfaisante et appuyée sur un très grand nombre d'observations, soit chez *Astacus*, soit chez les divers types de Décapodes que j'ai observés. Pour cela les dissociations sont nécessaires après fixation des éléments par des liquides qui ne les contractent pas, et qui ne les déforment pas. Pour cela le liquide de Ripart et Petit m'a toujours paru donner d'excellents résultats. On peut s'en assurer en comparant les éléments observés frais dans le sang de l'animal et ces mêmes éléments fixés par la liqueur ci-dessus. Les fixateurs trop énergiques et qui contractent les éléments, rapprochent et confondent les parties distinctes et rendent l'analyse difficile. Sur des dissociations d'objets convenablement fixés et colorés, on peut remarquer que les parois de la coupe sont le résultat du dépôt successif et progressif de la substance qui

se présente sous plusieurs formes. Il est digne de remarque que les parois de la coupe sont toujours inégales, accidentées, et comme formées par l'agglomération de grains qui se sont déposés à la face interne de la membrane limitante de la vésicule. Il résulte de là que la face externe de la coupe est généralement lisse, tandis que sa face interne offre des saillies, des creux, des inégalités, et que la coupe semble représenter une sorte de *crépissage* à grains plus ou moins fins appliqué à la face interne de la membrane vésiculaire (Pl. VI, 90, 96, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 111, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127. 128, 132, 133, 134, 135; Pl. VII, 1, 2, 3). Ce crépissage se fait quelquefois d'une manière assez irrégulière pour que les parois de la coupe en formation soient de hauteur et d'épaisseur très inégales. Par exemple (Pl. VI, 99, 102, 104, 117, 119, 126). Mais la constitution granuleuse des parois de la coupe se montre quelquefois d'une manière très remarquable et par exemple dans les Pl. VI, 111, 118, 139; Pl. VII, 219. Enfin j'ajoute que l'anneau de la même substance qui apparaît autour de l'orifice inférieur futur de la coupe, se dépose aussi sous forme de petits grains d'abord (Pl. VI, 66, 67), qui se multiplient et grossissent ensuite. Aussi trouve-t-on parfois des grains isolés et multiples (Pl. VI, 93) qui plus tard aboutiront à la formation d'un anneau plus ou moins large, qui sera atteint par les parois croissantes de la coupe et s'unira avec elles.

La Pl. VI, 139 montre clairement cette identité du processus formateur pour la coupe et pour ses bords. Il s'agit dans les deux cas d'un dépôt sous forme de grains d'une substance solide, très réfringente et très sensible aux réactifs nucléaires, y compris le vert méthyle acétique, c'est-à dire présentant tous les caractères auxquels on reconnaît habituellement la nucléine. Voilà ce que permet de conclure l'examen approfondi des éléments testiculaires d'*Astacus*, et ce que confirmera d'une manière éclatante l'étude des autres Décapodes.

Quant aux transformations ultérieures de la vésicule et à la formation de la tigelle ou bouton, voici ce que l'on peut observer.

Le contenu de la vésicule paraît, ai-je dit, liquide dès le début ; mais dans le sein de ce liquide se trouvent des éléments capables de se précipiter et de s'organiser.

S'il est vrai que dans bien des vésicules le contenu paraisse clair et laisse à peine deviner l'existence de granulations d'une excessive finesse, dans d'autres au contraire le contenu permet d'apercevoir des granulations plus évidentes (Pl. VI, 87,88 *bis*, 91).

L'élément réfringent et colorable se sépare et se dépose le premier pour former la coupe ; et quand cette dernière a atteint un certain degré de développement, la partie granuleuse et non colorable tend aussi à se précipiter. Or cette précipitation tend aussi à se faire sur la portion de l'axe de la vésicule qui avoisine le fond de la coupole, c'est-à-dire le point où se forme le bouton. Le même mouvement qui a entraîné dans cette direction la partie colorable de la vésicule y entraîne aussi la partie non colorable.

C'est ainsi qu'il se forme d'abord dans le fond de la cloche un dépôt assez étendu et peu saillant, qui s'élève peu à peu et prend la forme conique, et ensuite la forme d'un bouton porté par un pédicule. L'explication de ces successions de forme se trouve dans la tendance au transport vers la région à la fois centrale et supérieure de la cloche ou coupole, de toutes les granulations qui se sont manifestées dans la vésicule.

Certaines figures intéressantes semblent révéler en effet, vers la partie à la fois centrale et supérieure de la cloche, une sorte de concentration ou même de rétraction des filaments d'un réticulum qui entraîne dans ses mailles les fines granulations non réfringentes et incolores observées dans le liquide. Je signale en effet la fig. Pl. VI, 103 où ce réticulum est assez manifeste, les fig. Pl. VI, 114, 115, 116, 136, 137, 138; Pl. VII, 218, 220, 221, qui montrent sur le sommet du bouton des saillies qui semblent formées par un retrait inégal du réseau à granulations. Mais j'appelle surtout l'attention sur les fig. Pl. VI, 100, 106; Pl. 222 qui représentent en flagrant délit de retrait le réticulum granuleux de la vésicule. Enfin les fig. Pl. VI, 101, 118 représentant des spermatozoïdes vus de face, permettent d'apercevoir les filaments rayonnés du

réticulum, tandis que dans d'autres cas au contraire on n'aperçoit qu'une masse très finement granuleuse (Pl. VII, 2), ou un réticulum irrégulier (Pl. VI, 121).

Le bouton ainsi organisé est le plus souvent dépourvu d'élément réfringent et colorable. Mais dans un très grand nombre de cas aussi, on y observe quelques grains plus ou moins gros d'une substance identique avec celle qui forme les parois de la cloche ou coupole (Pl. VI, 92, 99, 100, 104, 105, 108, 109, 110, 111, 120, 121, 122, 124, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 135, 139; Pl. VII, 1, 2, 8, 217, 219, 222).

Ces grains colorés et réfringents ont d'ailleurs la même origine que ceux qui constituent les parois de la coupole; et ils permettent d'établir d'une manière éclatante que cette dernière s'est formée par une précipitation de certains éléments développés dans la vésicule.

D'ailleurs certains faits que j'ai observés, quoique très rarement, fournissent à ce qui précède un commentaire précieux.

J'ai vu en effet chez un *Astacus* du 28 août une cellule spermatique (Pl. VI, 91), dans laquelle la vésicule, déjà fortement développée, et ayant comprimé et déformé le noyau, présentait dans son intérieur un réseau achromatique manifeste, sur le parcours et sur les nœuds duquel se trouvaient des grains déjà distincts et de grosseurs très variables de la substance réfringente et colorable. Deux amas de grains s'étaient déjà accumulés sur les parois pour entrer dans la constitution des parois de la coupole. D'autres étaient restés à l'intérieur, et étaient destinés, les uns sans aucun doute à compléter la coupole, les autres peut-être à rester dans le bouton central. La vésicule ainsi constituée eût pu être prise pour un vrai noyau à réticulum chargé de grains de nucléine, si la comparaison avec les cellules spermatiques ses sœurs et ses voisines n'avait enlevé tout doute sur sa vraie signification.

Enfin ce qui achève notre démonstration, c'est qu'après le dépôt des parois de la coupole et du bouton central le contenu de la vésicule est devenu absolument hyalin, et sans traces de réseau ou

de granulations, ce qui résulte naturellement de la séparation et du dépôt des parties solides de son contenu.

Les phénomènes que je viens d'analyser vont nous donner la clef des transformations ultimes de la coupole ou cloche en anneau plus ou moins conique. Il est facile de comprendre en effet que cette rétraction du réticulum de la vésicule vers une région à la fois centrale et supérieure attire aussi dans ce sens les parois mêmes de la cloche qui adhèrent à son contenu. Si l'on examine à la fois les fig. Pl. VI, 98, 100 et 106, on comprendra bien que la rétraction du réticulum vers le centre du bouton donne d'abord à la cloche la forme aplatie de haut en bas que représentent les fig. Pl. VI, 69, 70, 130, 133, 135, etc. Ce mouvement de rétraction, s'accentuant, entraine aussi en dedans les parois latérales, diminue leur convexité extérieure, les rend d'abord planes (Pl. VI. 70, 129), peut même les rendre convexes vers l'intérieur de l'anneau, et leur donne cet aspect *plissé* qu'elles ont chez les spermatozoïdes tout à fait mûrs (Pl. VII, 4, 5, 6). Mais en outre cette rétraction du réticulum interne vers un centre d'attraction représenté par le bouton lui-même, attire vers ce bouton les bords mêmes de l'orifice de la coupe ou cloche, qui sont ainsi amenés à former un angle de plus en plus aigu avec les parois latérales (Pl. VI, 60, 70, 129, 131, 132, 134). Mais cette rétraction produit sur le sommet même de la coupole un effet plus remarquable. Ce sommet, étant lui-même entraîné vers le bouton, s'affaisse ; sa convexité se transforme en concavité, il devient saillant vers la cavité de la cloche, et enfin il finit par s'amincir et se percer dans le centre, formant ainsi l'orifice supérieur qui n'est parfois représenté que par un simple amincissement (Pl. VI, 60). Le bouton est alors remplacé par une sorte de bouchon placé au niveau de cet orifice, et qui se résorbe peu à peu et disparait. Quant aux grains colorables et réfringents que renfermait le bouton, ils se confondent avec la paroi de la coupole qui est attirée vers le bouton, et ils cessent de paraître comme grains indépendants. Nous savons d'ailleurs qu'ils avaient absolument la même origine et la même nature que les grains qui s'étaient déposés pour former les parois de la coupole.

Ainsi la cloche ou coupole se trouve résulter dans sa forme définitive: 1° de la précipitation et du dépôt de la substance réfringente et colorable du contenu de la vésicule sur les parois de cette dernière ; 2° de la rétraction de la portion non colorable et non réfringente du contenu de la vésicule vers un centre d'attraction situé vers la partie supérieure de son axe vertical.

J'aurai complété ce que j'ai à dire de la cloche en ajoutant qu'ultérieurement la membrane qui forme l'orifice inférieur de la cloche, et qui n'est que la membrane de l'ancienne vésicule se résorbe et disparaît sur ce point. et que dans les spermatozoïdes mûrs la cloche peut paraître ouverte.

Les transformations de la cloche que je viens de décrire correspondent à la forme la plus compliquée et la plus différenciée. Cette forme, on la rencontre particulièrement au mois d'août et de septembre, mais j'ai très fréquemment observé pendant les autres périodes de l'année une forme bien moins parfaite et qui se trouve jusque dans la région inférieure du canal déférent. Dans ces cas, la cloche consiste en une simple coupole surbaissée, de structure granuleuse, à parois d'épaisseur assez inégale, et ayant au centre la tigelle ou battant (Pl. VII, 217, 218, 219, 220, 221, 222). Les parois de la cloche ne recouvrent pas entièrement les côtés de la vésicule, et n'atteignent pas l'anneau réfringent qui s'est formé au pôle inférieur de la vésicule. La face supérieure ou coupole est parfois légèrement aplatie (Pl. VII, 220, 222), ou même légèrement concave supérieurement (Pl. VII, 218, 221). Ces formes se retrouvent certainement comme phases du développement de la forme précédente, ou forme annulaire que nous avons déjà décrite; et l'on pourrait les considérer comme appartenant à des spermatozoïdes encore imparfaits, si l'on ne voyait les autres parties du spermatozoïde, les filaments rayonnants par exemple, bien développées (Pl. VII, 217, 218, 219, 222).

Je pense donc qu'il faut les regarder comme des spermatozoïdes achevés dans leur développement, mais de forme inférieure, et qui se rencontrent surtout pendant les phases de moindre activité des organes reproducteurs.

Gilson paraît d'ailleurs n'avoir remarqué que ces formes de spermatozoïdes, car toutes ses figures se rapportent à elles[1]. Malheureusement Gilson n'indique pas la date de l'année à laquelle correspondent ses observations. Pour lui, comme pour moi, ce sont des spermatozoïdes mûrs, mais j'ajoute que ce sont des formes inférieures. J'ajoute aussi que c'est sur ces formes que l'on peut bien mieux se rendre compte de la structure granuleuse de la cloche, car les parois en sont très inégales et composées de grains d'autant plus évidents qu'ils sont parfois isolés. On peut voir cela très nettement dans les fig. Pl. VI, 111 ; Pl. VII, 219. Et même dans les fig. Pl. VII, 220, 221, le dépôt inférieur qui constitue l'anneau coloré de l'orifice de la cloche est constitué par un ensemble discoïde ou circulaire de petits grains colorés. Dans certains cas, comme par exemple les fig. Pl. VI, 118 ; Pl. VII, 219, le bord de la cloche est très découpé et très fragmenté. Nous reviendrons d'ailleurs plus tard sur ces formes à propos des transformations du noyau et du protoplasme ; et leur étude nous sera d'une très grande utilité pour déterminer la valeur et la signification des diverses parties du spermatozoïde.

Pour éviter des redites et préciser nos désignations je donnerai à la première conformation le nom de forme *annulaire*, et à la seconde le nom de forme *en coupe* ou *cupuliforme*.

§ 4. — Modifications du protoplasma, du noyau et de l'enveloppe de la cellule spermatique.

L'accroissement considérable de la vésicule, son développement comme coupe ou comme anneau, produisent nécessairement des changements importants dans les divers éléments de la cellule au sein de laquelle elle s'est formée et développée. Ce sont ces changements que nous allons suivre avec d'autant plus de soin et d'intérêt, qu'ils n'ont certes pas été vus et appréciés d'une manière identique par tous ceux qui se sont occupés de la question. Je vais d'abord

[1] Gilson ; *loc. cit.*, Pl. XI, fig. 443, 444, 446, 447, 448, 449 et 450.

exposer mes propres observations, sans me préoccuper de celles qui ont été publiées antérieurement ; réservant l'analyse et l'appréciation des observations de mes devanciers pour un paragraphe ultérieur. Je parlerai simultanément des modifications du noyau et du protoplasme, car elles sont liées les unes aux autres.

Le protoplasme du deutospermatoblaste, au moment où apparaît la vésicule, est généralement peu abondant et forme une couche relativement mince autour du noyau, qui au contraire est ordinairement volumineux (Pl. VI, 60, 61). Le protoplasme est finement granuleux et d'un aspect uniforme. Le noyau renferme un très grand nombre de petits grains de nucléine distribués dans le réseau nucléaire, de telle sorte que les colorants nucléaires lui donnent l'aspect d'une masse granuleuse colorée et médiocrement réfringente.

L'apparition de la vésicule et son accroissement au voisinage et même au contact du noyau a bientôt pour effet de produire en ce point une sorte de concavité d'enfoncement de la membrane nucléaire, formant ainsi une sorte de niche, dans laquelle est logée la vésicule, niche qui se creuse et s'accroît en s'évasant à mesure que croît la vésicule (Pl. VI, 61, 62, 63, 64, 65).

Une lame plus ou moins mince de protoplasme peut rester d'abord interposée entre la vésicule et le noyau, mais elle s'amincit et finit par disparaître. Il faut noter d'ailleurs que le noyau semble décroître comme dimensions, et occuper dans la cellule une place moins importante (Pl. VI, 63, 64, 65).

Il subit en effet des modifications qui consistent en ceci que la nucléine ou partie colorable disparaît des couches périphériques, et se limite de plus en plus vers le centre sous la forme d'un disque d'abord épais, mais qui deviendra de plus en plus mince (Pl. VI, 60, 66, 67, 68, 69, 70, 73, 76, 79, 80, 81, 85, 86, 87, 88, 88 *bis*, 89, 90). Les parties périphériques qui ont perdu leur nucléine deviennent même vésiculeuses ou granuleuses, la membrane nucléaire disparaît, et les limites du noyau deviennent indécises (Pl. VI, 62, 64, 65, 66, 67). Nous verrons plus loin, à propos des Carides, quel est le processus intime de ces transforma-

tions. Elles ont pour résultat de diviser le noyau en deux régions, l'une centrale renfermant des grains de nucléine qui tendent à disparaître, et l'autre périphérique, finement granuleuse et *claire*, mais non colorable. La première partie se réduit de plus en plus en épaisseur et finit par constituer une lame très mince (Pl. VI, 60, 79, 80).

A mesure, en effet, que la vésicule grandit et que les parois de la cloche se forment et s'accroissent, le disque de nucléine devient de plus en plus mince (Pl. VI, 68, 69, 70. 85, 90). Il ne forme bientôt qu'une lame extrêmement fine, de moins en moins colorable et amincie vers le centre (Pl. VI, 60). Enfin dans le spermatozoïde mûr cette lame foliacée elle-même s'efface, ou ne laisse comme trace qu'une strie fine et incolore. La *zone claire* qui l'environnait diminue également de volume et ne forme bientôt plus qu'une sorte de disque à bord plus épais, appliqué sur la convexité de la cloche et la recouvrant dans une certaine étendue. Cette zone finit elle-même par s'amincir ; c'est sur son pourtour que naissent des prolongements plus ou moins nombreux du protoplasme (Pl. VII, 4, 7, 217, 218, 219, 222) qui donnent aux spermatozoïdes d'*Astacus* cet aspect rayonné si remarquable. Ces prolongements sont coniques et très effilés ; ils sont droits et non repliés et ont une direction oblique par rapport aux rayons du corps des spermatozoïdes. Tous présentent leur obliquité dans le même sens. Il y a donc une vraie couronne de filaments situés dans un plan horizontal et de longueurs assez inégales. Leur nombre le plus ordinaire est de huit ; mais il varie dans d'assez notables proportions.

Le Cytoplasme s'est concentré autour de la cloche et y forme une zone opaque ou *zone sombre* (Pl. VI, 67). C'est lui qui constituera les rayons ou filaments rayonnés. Ceux-ci se développent sous la membrane cellulaire ; aussi sont-ils d'abord appliqués et enroulés autour de la cloche, ce qui rend compte de leur direction primitivement oblique dans un sens égal pour tous.

Par suite du retrait du cytoplasme, la membrane cellulaire devient relativement indépendante (Pl. VI, 60, 68, 69, 70, 97, 98).

Ainsi isolée, elle se résorbe et se détruit à son tour, et le spermatozoïde est ainsi mis en liberté. C'est alors que se déploient les filaments rayonnés qui ont commencé à se former avant la rupture de la membrane, et qui doivent leur direction oblique à la position repliée que celle ci leur a imposée.

Je ne dois pas oublier de dire que, dans quelques cas le contenu liquide de cette membrane cellulaire peut s'accroître sous diverses influences, et donner au spermatozoïde l'aspect d'une grosse vésicule remplie de liquide dans lequel est plongée la cloche. Ce sont là des formes spéciales et que je me borne à mentionner. Grobben[1] en a représenté quelques-unes. Gilson[2] en a donné aussi une figure.

On distingue donc à un moment donné deux membranes dans le spermatozoïde, l'une extérieure ou membrane de la cellule primitive, et qui est appelée à disparaître quand le spermatozoïde deviendra libre, et l'autre interne, membrane de la vésicule qui enveloppe la cloche et en ferme l'orifice inférieur. Mais le corps protoplasmique qui enveloppe la tête et qui donnera naissance aux filaments ou rayons ne possède pas de membrane propre ; c'est *du protoplasme à nu* et se limitant lui-même.

Tel est le processus de formation du spermatozoïde dans les cas réguliers, normaux, pendant la période de l'activité génitale, et chez des animaux *pêchés récemment*, et vivant par conséquent dans *leur milieu naturel*. Si je résume les observations qui précèdent, il me semble en ressortir clairement les faits suivants :

1° Le spermatozoïde mûr d'*Astacus* se compose essentiellement :

A. D'un anneau de substance réfringente et très avide des colorants de la nucléine. Cet anneau a été considéré par tous les naturalistes, sans exception, comme représentant la *tête* du spermatozoïde.

[1] Grobben ; *loc. cit.* Pl. III, 34 35, 36.

[2] Gilson ; *loc. cit.*, Pl. XI. fig. 442.

B. D'une *zone claire* représentant les restes du noyau dont la nucléine a disparu, et correspondant me semble-t-il au *segment moyen* des spermatozoïdes filiformes.

C. D'un corps protoplasmique réduit à une zone *sombre* qui fournit une couronne de prolongements protoplasmiques insérés obliquement autour de la tête. Ce corps protoplasmique entoure la zone *claire* provenant du noyau et les parois latérales de la cloche. Il représente le filament ou les filaments des spermatozoïdes filiformes.

2° La tête n'est pas le successeur immédiat du noyau du deutospermatoblaste ou cellule spermatique. Elle ne paraît pas en dériver. Elle provient des transformations successives d'une vésicule née dans le cytoplasme au voisinage du noyau. Elle est formée par le dépôt sous forme de grains d'une substance très réfringente et très chromatique qui tapisse, comme une sorte de *crépissage*, l'hémisphère supérieur et les parois latérales de la vésicule. Sur l'hémisphère inférieur de la vésicule se dépose un étroit anneau de la même substance qui semble circonscrire un orifice occupé cependant par la membrane de la vésicule. La substance incolore qui remplit la vésicule laisse déposer, outre la substance de la tête, une substance grenue et achromatique qui semble résulter de la condensation d'un réseau intérieur, et qui donne naissance à la tigelle ou battant de la cloche. Ce mouvement de concentration de la partie achromatique de la vésicule a pour conséquences certaines modifications de la vésicule et sa transformation en anneau. Cet anneau supérieur large s'unit le plus souvent à l'anneau inférieur étroit, pour constituer la *tête* du spermatozoïde.

3° Le noyau de la cellule spermatique diminue de volume et s'aplatit. Devenu discoïde, il s'amincit de plus en plus et finit par s'effacer.

4° La tête du spermatozoïde d'*Astacus* semble donc être un corps d'origine cytoplasmique, et ne pas provenir du noyau de la cellule spermatique.

Ce sont là les premiers résultats de l'étude qui précède et les premières conclusions que je crois pouvoir tirer des faits observés.

Je me réserve de discuter plus tard la nature cytologique de la *tête* dont nous venons d'exposer la genèse.

Mais il est un autre mode de développement du spermatozoïde d'*Astacus* que je dois décrire maintenant, et qui viendra confirmer les propositions qui précèdent. Il correspond à ces formes inférieures de spermatozoïdes que j'ai déjà décrites. Dans ces formes, en effet, le noyau ne subit pas cet aplatissement et cette déformation symétrique et régulière, qui en fait comme un couvercle mince recouvrant le dôme de la cloche.

Le noyau se ratatine et se réduit à mesure que grandit la vésicule. Il n'est point aplati par cette dernière, mais bien chassé du centre de la cellule. Il devient tout à fait saillant, formant une sorte de tubercule ou verrue placé sur un point quelconque de la surface de la cloche, mais le plus souvent sur un des cotés et d'une manière tout à fait asymétrique (Pl. VI, 92, 93, 94, 95, 99, 100, 101, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 136, 138, 139 ; Pl. VII, 2, 3, 217, 218, 219, 220, 221, 222).

Ce noyau ratatiné finit parfois par s'aplatir, ainsi qu'on le voit dans la fig. Pl. VI, 100, 137. Sa nucléine diminue peu à peu comme quantité, devient moins réfringente; et le noyau encore amoindri prend une structure granuleuse, et finit par devenir insensible aux colorants nucléaires (Pl. VI, 99, 101, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 114, 123, 124, 126, 127, 128, 136, 137, 138; Pl. VII, 1).

Dans d'autres cas il conserve encore un assez bon nombre de grains de nucléine jusqu'à une phase très avancée, et même jusqu'à la maturité du spermatozoïde. Mais ces grains sont moins distincts, moins réfringents et moins sensibles aux colorants nucléaires et au vert méthyle en particulier (Pl. VII, 217, 218, 219, 220, 221, 222). Il est donc évident qu'ici, comme dans le premier cas, il y a tendance à la disparition du noyau comme noyau, c'est-à-dire comme partie riche en nucléine.

Ce qui en reste dans quelques cas se présente sous la forme d'un ou plusieurs petits corps légèrement granuleux et insensibles

aux colorants nucléaires, et placés sur un point ou des points quelconques de la face externe de la cloche, et généralement sur les côtés de cette dernière. Ce sont des noyaux *dégénérés*; des *cadavres de noyau.*

D'ailleurs ces restes inertes du noyau ne se trouvent pas seulement dans les formes à coupe, mais aussi parfois dans les formes annulaires, ce qui prouve que dans ces dernières formes la disparition du noyau par amincissement progressif n'est pas un processus d'une constance absolue. Je les ai dessinés dans les Pl. VII, 4, 5, 6, 7. Grobben, Nussbaum et Gilson les ont dessinés aussi, tout en leur donnant des interprétations que je critiquerai ultérieurement.

Je dois enfin relater que dans les formes à cloche ou cupiliformes les rayons protoplasmiques n'ont ni la forme conique, ni la conformation directe et rigide que nous avons décrite chez les formes à anneau. Les prolongements protoplasmiques sont en effet en forme de filaments et présentent des sinuosités marquées. Ils manifestent également une insertion oblique sur le pourtour de la cloche (Pl. VII, 217, 218, 219, 222).

J'aurai fini ce qui a trait au développement du spermatozoïde en faisant remarquer qu'outre les formes en coupe et les formes annulaires, tous les intermédiaires peuvent être observés, et qu'il n'y a rien d'absolu dans cette distinction.

§ 5. — EXPOSÉ ET CRITIQUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS SUR LE PROCESSUS DE SPERMATOGENÈSE.

Après avoir exposé mes observations relatives à *Astacus*, je dois examiner les travaux antérieurement publiés sur le même sujet.

Il y aura là pour moi une occasion de discuter à la fois les observations de mes devanciers et les conclusions qu'ils ont cru pouvoir en tirer. Comme précédemment, c'est à Grobben que je remonte dans cet examen des travaux qui ont précédé le mien. J'ai déjà examiné et discuté les opinions émises sur l'origine et la

nature de la vésicule, je pourrai donc glisser rapidement sur ce point de la question. Je dois d'ailleurs y revenir dans les conclusions générales de ce travail.

Avant de commencer la description des spermatozoïdes des Crustacés décapodes et de leur développement, Grobben[1] prévient, qu'il ne désignera comme *tête que la partie* du spermatozoïde *dérivant du noyau de la cellule séminale*, qu'il appellera *corps* le protoplasma de la cellule entourant la tête, et *rayons* les prolongements ainsi nommés par Kölliker.

D'après lui, les spermatozoïdes d'*Astacus* ont un corps ellipsoïdal renfermant une tête en forme de cupule (*napfartige*) ou godet. Cette tête est fermée en *bas*, ouverte en *haut*; son rebord *supérieur* est retourné en dedans. La paroi *inférieure* est fortement invaginée. La paroi latérale est épaissie en bas, et s'amincit vers le bord qui présente des sillons disposés radialement. Il y a deux membranes enveloppantes distinctes à la partie supérieure, l'une interne autour de la tête et l'autre externe autour du corps; mais il n'y a qu'une seule membrane à la partie inférieure, les membranes externe et interne se fixant simultanément sur le pourtour de la face inférieure de la tête du spermatozoïde.

Ordinairement, on voit à côté de la tête chez *Astacus fluviatilis* un corps *très réfringent*, qui ne se colore pas par le carmin. Grobben le considère comme un élément tout à fait accessoire (*für einen ganz unwesentlichen Bestandtheil*), qui non seulement fait souvent défaut, mais qui parfois est situé tout à fait à l'extérieur du corpuscule séminal. Grobben ne l'a jamais rencontré chez *Astacus leptodactylus*. Un peu au-dessous du point où la membrane externe s'attache sur le rebord de la tête, naissent les rayons qui sont de différentes longueurs, et qui varient aussi de nombre. Grobben en a trouvé de 5 à 28. Pour ce qui a trait au développement, je tiens à citer entièrement le texte de Grobben : « La vacuole (ou vésicule) atteint une grosseur remarquable; et sur celui de ses pôles qui est appliqué contre le noyau apparaît une petite *masse*

[1] Grobben ; *loc. cit.* pag. 25.

réfringente (*glanzendes Klümpchen*) qui se colore en rose foncé par le carmin, et qui se comporte comme un corps albuminoïde. Le protoplasme du corps cellulaire manifeste déjà alors une disposition déterminée qui est en rapport avec la structure compliquée du spermatozoïde mûr. On trouve notamment tout autour de la vacuole une ***couche de protoplasme***, qui est ***mince*** sur la face de la vacuole voisine du noyau et sur la face opposée, mais qui possède pourtant déjà une notable épaisseur. Le noyau, qui est ***entouré d'une atmosphère liquide claire***, est enveloppé de tous côtés par une couche de protoplasme.»

« La ***masse albumineuse*** (***Eiweissklümpchen***) commence à s'étendre sur la vacuole, et croît en même temps comme quantité. Elle s'étend d'abord sur la moitié de la vacuole et s'épaissit déjà sur une zone qui formera plus tard l'arête saillante de la ***tête*** du spermatozoïde mûr. Progressivement la vacuole est entièrement ***recouverte***. A cette phase le noyau a ***disparu***, et il ne reste qu'un ***espace clair*** pour indiquer la ***place jadis occupée par lui***.

»La tête du spermatozoïde s'aplatit un peu maintenant suivant son axe vertical, et l'arête épaissie accentue encore plus sa saillie. La paroi de la tête s'invagine alors sur la face inférieure ; la paroi supérieure en faisant ensuite autant, il en résulte un ***refoulement*** et un bombement de l'***invagination inférieure***. Enfin l'invagination supérieure se déchire, ce que toutefois je n'ai pas observé directement, mais ce que je puis déduire avec une suffisante certitude des figures observées. Par suite de cette déchirure, non seulement la paroi inférieure de la tête, d'abord invaginée et ensuite évaginée, revient à sa forme première invaginée, mais encore la paroi latérale, d'abord tendue, s'affaisse et forme de nombreux plis irradiés. La tête prend alors sa forme définitive déjà décrite, tandis que l'invagination devient plus profonde, et va se placer près de la face interne de la paroi latérale.

»Quand la tête possède sa forme définitive, le protoplasme de la cellule produit, au point où il forme la ***zone épaissie***, de petits prolongements qui s'allongent jusqu'à ce qu'ils aient atteint la longueur souvent remarquable des rayons des spermatozoïdes mûrs.»

J'ai tenu à relater entièrement le texte de Grobben, et parce qu'il représente la première description sérieuse du processus de formation du spermatozoïde d'*Astacus*, et parce qu'il mérite d'être examiné de près, tant à cause des vérités qu'il renferme que des erreurs et des confusions qui lui appartiennent. Je vais donc faire une analyse critique de cette étude, qui a ouvert vraiment la voie dans ces recherches très délicates, et dans laquelle les erreurs s'expliquent suffisamment par la difficulté et la nouveauté du sujet.

Un premier point important à noter dans les observations de Grobben, c'est que pour lui, dans le spermatozoïde d'*Astacus* le noyau de la cellule disparait et la tête est formée par la vacuole.

Nous avons vu que mes propres observations sont à cet égard parfaitement d'accord avec celles de Grobben. Mais il y a entre cette assertion et la proposition générale précédemment exprimée par le même auteur, qu'il ne désignerait comme *tête* (*Samenkopf*) que la partie du spermatozoïde provenant du noyau, il y a, dis-je, une contradiction frappante que Gilson[1] n'a pas manqué de relever.

Et cependant cette contradiction est plus apparente que réelle; car, d'une part, Grobben incline à penser que la vacuole n'est qu'une portion du suc nucléaire expulsé du noyau, et d'autre part il croit aussi (ainsi qu'il le dit à propos de *Paguristes maculatus*[2]) que le rapetissement du noyau et sa pâleur ultérieure s'expliquent en ce que la tête du spermatozoïde absorbe d'abord la partie la plus solide et la plus riche en albumine du noyau, et plus tard les restes liquides de ce dernier.

Ainsi donc pour Grobben, chez *Astacus* la tête du spermatozoïde n'est pas formée directement par le noyau, mais elle dérive indirectement du noyau. Cela atténue certainement la contradiction qu'on peut lui reprocher ; mais il convient de reconnaître cependant que, soit l'origine nucléaire de la vacuole, soit l'absorption du noyau par cette dernière, sont de simples présomptions qui attendent des preuves, et qui ne justifient pas entièrement Grobben du

[1] Gilson ; *loc. cit.* pag. 119.

[2] Grobben ; *loc. cit.*, pag. 35.

défaut de logique qu'on peut être en droit de lui reprocher. Pour rester sur le terrain des faits et de l'observation, je dirai donc que Grobben fait, chez *Astacus*, provenir la tête du spermatozoïde d'une vacuole née dans le protoplasme et qui s'y développe en même temps que le noyau s'atrophie et disparaît.

Grobben n'a pas reconnu les origines des deux membranes qui enveloppent le spermatozoïde à un moment donné. Il n'a pas reconnu non plus leur indépendance ultérieure. Il a rencontré les restes du noyau qu'il a décrits, comme un corps réfringent ne se décolorant pas par le carmin et placé à côté et en dehors de la tête; mais il n'a pas compris son origine et sa signification.

Quant au développement de la vacuole, il a eu le tort de considérer le bouton ou battant de la cloche (*glänzendes Klümpfchen*) qu'il a du reste mal observé et mal décrit, comme étant le début de la formation de la *couche albumineuse* très réfringente et très colorable qui formera la tête. Il n'a pas vu comment le bouton prenait naissance, et que le bouton ne se formait qu'après que le revêtement colorable de la vésicule était en grande partie déposé. Non seulement il n'a pas eu une idée juste de la forme, de la constitution et de l'origine du bouton, mais il a cru qu'il était une formation tout à fait transitoire, et qui disparaissait en s'étendant sur les parois de la vacuole pour en constituer le revêtement.

Quant aux changements de forme de la tête, les observations de Grobben présentent une part très notable de vérité, et il a apporté beaucoup de sagacité dans l'observation de ces phénomènes complexes ; mais l'alternative d'invagination et d'évagination de la paroi inférieure de la tête ne correspond pas à la réalité. Grobben a pris, pour des phénomènes successifs, des formes simultanées correspondant à des variétés, qui trouvent leur explication dans les phénomènes de retrait du contenu réticulé de la vésicule, phénomènes qui ont d'ailleurs entièrement échappé à l'observation de Grobben.

Nous avons vu que c'est à ce retrait dans un sens déterminé, c'est-à-dire vers un point de l'axe voisin de l'extrémité supérieure,

qu'il fallait attribuer les invaginations des parois supérieure et inférieure de la vésicule. Mais il est facile de comprendre que l'action de ce retrait sur ces parois pourra varier suivant bien des circonstances et surtout suivant la résistance elle-même de ces parois. Il est clair que l'action pourra, dans certains cas, être à peu près égale en bas et en haut, et alors les parois supérieure et inférieure seront l'une et l'autre invaginées, et la vésicule prendra la forme annulaire que nous lui avons décrite.

Dans d'autres cas, comme dans les formes inférieures décrites plus haut, la paroi supérieure étant plus résistante, c'est la paroi inférieure qui cédera, et il n'y aura qu'une invagination inférieure. Dans d'autres cas encore, l'action rétractante agira surtout et s'épuisera sur la paroi supérieure très amincie, et il y aura invagination de cette paroi seulement. Il ne s'agit donc pas ici d'alternatives d'invagination et d'évaginations pour une même paroi; mais de la formation d'une invagination tantôt sur une paroi, tantôt sur l'autre, ou sur les deux à la fois, selon que c'est l'une ou l'autre ou les deux à la fois qui cèdent à la traction centripète du réseau qui se rétracte.

Grobben n'a pas observé l'anneau qui se forme sur la paroi inférieure de la cloche d'une manière d'abord tout à fait indépendante, ce qui eût peut-être influé sur ce qu'il pensait de l'origine de la tête. Il n'a pas observé non plus la manière dont se faisait le dépôt sur les parois de la vésicule.

Quant aux transformations du noyau, Grobben ne les a observées que d'une manière imparfaite. Il n'a pas vu en effet que le noyau se décomposait en deux parties, l'une chromatique centrale discoïde, et l'autre périphérique achromatique qui devenait claire et vésiculeuse (ma *zone claire*). Il a cru que la première représentait le noyau *tout entier* aplati et aminci ; et la seconde, qu'il désigne et dessine comme une *atmosphère liquide claire* entourant le noyau, il la rapporte au protoplasme.

Grobben a fort bien observé la formation des rayons et déterminé le protoplasme comme en étant le point de départ.

Huxley[1] dans sa monographie de l'*Écrevisse* (pag. 101-102) expose et critique dans une note les observations de Grobben. Huxley avoue que le manque de matériaux l'a empêché d'arriver à terminer ses recherches d'une manière satisfaisante, et qu'il n'en parle qu'avec réserve.

Le spermatozoïde est un corps aplati ou hémisphérique pourvu à sa circonférence de prolongements recourbés et atténués. Dans son intérieur on distingue deux corpuscules, dont l'un occupe la plus grande partie du corps, et, lorsque celui-ci est à plat, apparaît comme un double anneau. Huxley propose de l'appeler *corpuscule annelé*. L'autre est un *corpuscule ovale*, beaucoup plus petit, situé sur un côté du premier. Le corpuscule annelé est dense et fortement réfringent, l'autre est *mou* et *moins nettement défini*. Huxley croit que le corpuscule annelé est réellement un anneau creux semblable aux coussins annulaires remplis d'air et non une coupe comme le veut Grobben.

Ses observations sur le développement ne concordent pas, dit-il, avec l'exposé de Grobben, et, *pour ce qu'il en a vu*, il est porté à *supposer* que le corpuscule annelé est le *noyau* métamorphosé de la cellule.

Huxley ne s'explique pas sur la signification qu'il attribue au *corpuscule ovale*. Seulement il est plus près de la vérité que Grobben en le décrivant comme un *corps mou* et *moins nettement défini* que le corpuscule *annulaire*. Comme Huxley j'ai constaté que dans bien des cas la tête était un véritable anneau, mais j'ai pu voir aussi qu'elle restait parfois en forme de coupe. Huxley ne dit rien d'ailleurs du bouton ou tigelle.

Pour ce qui regarde l'origine du corpuscule annelé aux dépens du noyau, je pense fermement comme Grobben, et mes observations ne me laissent aucun doute à cet égard. Le noyau s'amincit fortement, et disparaît comme substance nucléaire, ou bien il devient le corpuscule ovale pâle et peu réfringent, ainsi que je l'ai

[1] Th. H. Huxley. L'Écrevisse. Introduction à l'étude de la zoologie (*Biblioth. scientif. internationale*), Paris. 1880.

nettement observé et représenté. Je répète d'ailleurs qu'Huxley ne donne ses appréciations qu'avec réserve.

Hermann [1], dans sa note à l'Institut, déjà citée, donne quelques courts détails sur le développement du spermatozoïde de l'*Astacus*

Hermann donne d'abord de la spermatogenèse des Crustacés décapodes une formule générale que je dois rapporter ici pour éviter des répétitions ultérieures. Nous savons qu'il a constaté la formation d'un *nodule céphalique* (notre vésicule) au contact du noyau, et sur ce qu'il appelle le pôle antérieur de ce dernier. Ce nodule se transforme en une vésicule transparente. Au pôle antérieur de cette vésicule (c'est-à-dire au point le plus éloigné du noyau) apparaît bientôt une sorte d'excroissance de la paroi, faisant saillie dans la cavité sous forme d'une petite éminence conique et arrondie; peu après se montre au pôle postérieur de la vésicule une autre saillie qui revêt l'aspect d'un mince bâtonnet. Ces deux excroissances s'allongent, s'avancent à la rencontre l'une de l'autre, et se fusionnent pour former une *colonne centrale* qui s'étend du pôle antérieur au pôle postérieur, dans l'axe de la vésicule céphalique. Cette colonne se *colore* d'une *manière intense* par les réactifs dans les premiers stades; plus tard, elle se termine à chaque bout par une sorte de goulot ouvert vers l'extérieur, et semble alors formée par invagination de la paroi vésiculaire. Chez beaucoup de Crustacés, elle reste *creuse*, en tout ou en partie, jusqu'à la fin du développement.

Le mode de formation des prolongements et leur nombre, fixe ou variable, semblent établir deux types assez nettement différenciés pour les Crustacés marins qu'Hermann a examinés. Chez les Brachyures, le corps de la cellule spermatoblastique semble avoir *complètement disparu* de très bonne heure, et les prolongements effilés sont émis par le noyau. La substance nucléaire recouvre la vésicule sous forme d'une calotte hémisphérique dont les bords

[1] Hermann ; *loc. cit.* Compte rendu de l'Institut. 1883.

émettent une série de prolongements effilés. Chez les Macroures, les trois pointes proviennent du *collier*, c'est-à-dire d'une substance opaque et homogène, contiguë à la base du noyau, et pour laquelle l'auteur n'a pu déterminer si elle dérive du reste du corps cellulaire, ou si elle est une formation spéciale des parois de la vésicule.

Astacus fluviatilis se rapproche plutôt des Brachyures, car les nombreux prolongements des spermatozoïdes émanent du *noyau* du spermatoblaste, mais la *vésicule céphalique* n'est pas en rapport aussi intime avec le noyau, et la colonne centrale est représentée par un *large conduit*, ce qui donne à la cloche céphalique l'aspect d'un *anneau*. A côté de ce dernier se voit un corps *réfringent*, *irrégulier*, qui paraît provenir du *segment antérieur du corps cellulaire*.

Comme Grobben, Hermann a remarqué chez les spermatozoïdes en voie de développement une *condensation progressive* de leur substance, qui fait que les spermatozoïdes adultes ont un volume moindre.

On voit donc que, pour Hermann comme pour Grobben et pour moi, la tête du spermatozoïde est le résultat de la transformation du nodule céphalique et non du noyau.

Quant à l'origine des prolongements comme émanations du noyau chez les Brachyures, c'est évidemment là une opinion que n'a partagée aucun autre observateur. Leur origine comme provenant du collier sera discutée plus tard à propos du Homard. Ces prolongements sont dus au protoplasme du corps cellulaire, soit chez *Astacus*, soit chez les Macroures, soit également chez les Brachyures, ainsi que nous le verrons ultérieurement. C'est ce que démontre victorieusement l'usage du vert méthyle acétique d'une part, et des colorants protoplasmiques de l'autre.

Quant à la *colonne centrale* ou *bouton*, nous avons vu que chez *Astacus* elle a, dans l'immense majorité des cas, une origine circonscrite à la région du fond de la cloche. Elle n'est d'ailleurs pas *creuse*, ou ne m'a jamais paru telle d'une manière bien nette, de telle sorte que je ne saurais la considérer comme un large conduit.

Ce qui donne à la cloche céphalique l'aspect d'un anneau, c'est, comme je l'ai montré, la rétraction de son contenu réticulé vers le point supérieur de son axe où se forme le bouton.

Hermann, comme Grobben et comme Huxley, n'a pas reconnu que le corps réfringent irrégulier qu'il a vu à côté de l'anneau était les restes du noyau. Il croit qu'il provient du segment antérieur du corps cellulaire. C'est là une erreur.

Nussbaum[1] pense, contrairement à l'opinion de La Valette Saint-Georges[2], que chez *Astacus* la spermatogenèse obéit à cette règle générale que le *noyau forme la tête du spermatozoïde*. Il combat l'assertion de Grobben et de son devancier Mecznikow[3], que la tête du spermatozoïde dérive d'une formation voisine du noyau, tandis que le noyau lui-même disparaît; et il affirme que la partie désignée par Grobben comme *tête* joue simplement le rôle d'une calotte ou capuchon céphalique (*Kopfkappe*) ou *coiffe*.

Il croit que la vésicule, qu'il désigne comme *Nebenkern* ou noyau accessoire, naît dans le protoplasme, et ne se rapproche du noyau qu'en grossissant. Le noyau devient cylindroïde, perd sa structure filamenteuse et apparait *tout à fait hyalin*. Le Nebenkern subit les modifications décrites par Grobben. Le noyau devient *plus petit* et *brunit légèrement* par l'acide *hyperosmique*. Si l'on colore la cellule, le *capuchon céphalique* reste *incolore*, le noyau *se colore*.

Les prolongements du spermatozoïde sont formés par le protoplasme de la cellule. Le *reste du noyau* se place excentriquement à côté ou au-dessous du capuchon céphalique. Il y a quelquefois deux fragments séparés qui sont les restes du noyau.

Quant au bouton ou tigelle, Nussbaum n'en parle pas. Il l'a dessiné seulement dans sa fig. 65, d'après une préparation durcie par l'acide chromique et l'alcool, et colorée par l'hématoxyline. Mais il le considère comme le reste *coloré* du noyau situé dans

[1] Nussbaum; *loc. cit.*, 1884.

[2] De La Valette Saint-Georges. *Arch. f. mik. Anat.*, Bd. III.

[3] Mecznikow. Cité par La Valette Saint-Georges. *Arch. f. mik. Anat.* Bd. X.

une excavation du capuchon céphalique, et dont il dit à l'explication de la planche : « A la *base* du *capuchon céphalique un reste coloré* du noyau ». Il n'est pas douteux que Nussbaum n'ait pris pour un reste du noyau le bouton contenant des grains colorables, ainsi que j'en ai souvent observé et dessiné.

Les vues de Nussbaum sur le noyau formant la tête et sur la vésicule, qu'il fait dériver d'un Nebenkern et qui ne forme qu'un capuchon céphalique, auraient besoin d'être appuyées sur de meilleurs arguments.

Nussbaum prétend que les restes du noyau se colorent bien par l'hématoxyline, et que ce qu'il appelle le capuchon céphalique ne se colore pas. C'est là une assertion si contraire aux faits que je n'en puis trouver l'explication que dans cette circonstance, qu'elle ne s'applique qu'aux spermatozoïdes encore très imparfaits et non achevés. Dans ce cas en effet le noyau se colore encore fort bien, et la vésicule paraît peu colorée, à condition que le dépôt granuleux réfringent et colorable soit encore très faible et très peu étendu.

Mais il en est tout autrement chez le spermatozoïde achevé, car dans ce cas le noyau se colore très faiblement ou même pas du tout, ainsi que Grobben, Huxley, moi et bien d'autres l'ont observé, tandis que le revêtement de la cloche ou vésicule très réfringent, très brillant, manifeste pour les colorants nucléaires une affinité des plus vives. Les colorations par le vert méthyle acétique donnent à cet égard des résultats fort précis et fort nets. Ou bien il faut renoncer à ce caractère général (vive coloration) de ce qu'on appelle la tête dans tous les spermatozoïdes dont la description n'est pas discutée et est universellement acceptée ; ou bien il faut nécessairement considérer comme tête, dans le spermatozoïde d'*Astacus*, cette portion réfringente et très vivement colorable qui dérive incontestablement de la vésicule ou Nebenkern de Nussbaum.

Comment d'ailleurs interpréter dans les vues de Nussbaum les nombreux spermatozoïdes d'*Astacus* et d'autres Crustacés, où les restes du noyau ont réellement disparu, et par exemple les sper-

matozoïdes d'*Astacus leptodactylus*, chez lesquels Grobben dit qu'on ne les observe jamais? Nous avons vu que tel est bien le sort du noyau dans les cas où il devient *discoïde* (et non *cylindroïde* comme le dit inexactement Nussbaum), et où il s'aplatit et s'amincit jusqu'à disparaître à mesure que la vésicule grandit, et que la cloche se forme, s'accentue, et devient enfin annulaire.

Ces restes du noyau sont d'ailleurs inconstants et trop variables, comme forme, comme dimensions, comme nombre, comme situation pour qu'on puisse leur attribuer la valeur d'une partie aussi fixe et aussi déterminée que l'est la tête d'un spermatozoïde.

C'est en 1885[1] que je publiai ma courte note à l'Institut, dans laquelle j'exposai mes observations sur les transformations du deutospermatoblaste en spermatozoïdes. Ma description *très succincte*, comme le lui reproche justement Gilson, avait en outre le défaut de n'être pas claire ; j'avais observé le ratatinement du noyau, qui devient plat, discoïde et se décolore peu à peu, la formation d'une coupole (cloche) à parois épaisses par des grains chromatinés qui se confondent et tapissent un segment de sphère, l'amincissement et le percement du centre de la coupole, d'où résulte la forme d'anneau brillant qui caractérise le nodule céphalique, l'atrophie du noyau qui ne se colore plus, se réduit à un ou deux grains qui sont jaunes après traitement par le picrocarminate, et qui finit même par disparaître entièrement, enfin la formation d'une couronne de prolongements protoplasmiques incolores.

Ces faits-là, que mes observations ultérieures ont confirmés, étaient, je dois l'avouer, rapportés avec quelque confusion ; et je n'avais pas suffisamment distingué la vésicule et délimité son rôle indépendant du reste du corps cellulaire dans la formation de la tête annulaire du spermatozoïde.

J'ai déjà longuement exposé ce que m'ont démontré de nouvelles et nombreuses recherches, et je crois ne pas devoir insister.

[1] A. Sabatier ; *loc. cit.*, février 1885.

Gilson[1] a consacré dans son mémoire déjà cité un chapitre spécial à la spermatogenèse chez *Astacus*.

Il étudie séparément les modifications qui intéressent le protoplasme et celles qui ont pour siège le noyau. Les ***premières aboutissent***, dit-il, ***à la formation de toutes*** les parties du spermatozoïde que le ***vert de méthyle laisse incolores***, mais qui prennent dans la safranine et surtout dans le brun Bismark une coloration assez intense. Ces parties sont : 1° une ***vésicule*** à parois hyalines pouvant se transformer en ***coupe***. 2° Un ***bouton*** inséré au centre du fond de la vésicule ou de la coupe. C'est la ***tigelle***. 3° Des ***prolongements radiés***.

Les modifications du noyau ont pour résultat de transformer cet élément en une sorte de ***coussinet supportant*** la vésicule ou coupe et la tigelle, et ***donnant insertion*** à la couronne de prolongements. Il subit aussi des modifications dans sa constitution interne.

Gilson pense que la vésicule ou coupe dérive de la transformation d'une simple vacuole qui apparaît dans le cytoplasme. Son contenu a l'aspect hyalin ; mais il possède une réfringence qui indique une certaine concentration du suc cellulaire. Elle se colore parfois par le carmin et la safranine avec assez d'intensité, et prend une teinte plus vive que le protoplasme.

La vacuole s'agrandit et ronge pour ainsi dire le protoplasme. qui semble disparaître par digestion progressive. Gilson se demande si ce dernier ne subit pas une condensation considérable ***pour organiser la substance hyaline et résistante qui constitue à elle seule les parois de la vésicule*** ainsi ***que les prolongements radiés***. Gilson croit donc que le revêtement hyalin et résistant de la vésicule est constitué par un dépôt externe. Nous avons vu que c'est un dépôt interne. De plus, il assimile ce dépôt aux prolongements radiés, ce qui est inadmissible, car les parois hyalines de la vésicule se colorent d'une manière très ***intense*** par les colorants

[1] Gilson ; *loc. cit.* Étude comparée de la spermatogenèse chez les arthropodes (suite) 1886.

nucléaires, y compris le vert méthyle, tandis que les prolongements radiés sont réfractaires à ces colorations.

Gilson n'a pas remarqué le dépôt de substance hyaline et colorable qui forme l'anneau inférieur de la vésicule. Il l'a cependant dessiné, fig. 432, sans en comprendre la signification, l'origine et les caractères vis-à-vis des colorants. Il considère la coupe de cet anneau comme deux petits amas du protoplasme refoulés.

Il a cependant bien reconnu l'origine des deux membranes du spermatozoïde, l'une interne, membrane de la vésicule, l'autre, externe, membrane de la cellule.

Parfois, dit-il, il s'établit une perforation au sommet de la vésicule[1]; et la vésicule se transforme ainsi en une coupe plus ou moins largement ouverte. Les parois de la vésicule sont protoplasmiques et peu développées, parfois même très peu. Mais c'est le noyau bombé et déformé qui en constitue le plafond.

Par une contradiction que je n'ai pu m'expliquer, Gilson fait remarquer, d'une part, que sa manière de voir, au sujet du développement de la vésicule, diffère entièrement de celle de Nussbaum, qui regarde cette portion comme un simple corpuscule destiné à donner ce qu'il appelle le *Kopfkappe*; et d'autre part il ajoute qu'il y a quelque chose d'exact dans l'opinion de Nussbaum, c'est que la vacuole et ses produits sont les analogues de la portion *achromatique* qui surmonte le noyau du spermatozoïde des Locustides, et à laquelle le terme de *Kopfkappe* a été appliqué. Elle est, dit-il, analogue aussi au segment procéphalique de certains animaux.

Cette persistance à considérer les parois de la vacuole comme *achromatiques* surprendra fort tous ceux qui essayeront de traiter par le vert méthyle et les colorations nucléaires les éléments spermatiques d'*Astacus* en voie de développement.

On ne peut s'expliquer une pareille affirmation que par le

[1] Gilson oriente les spermatozoïdes d'*Astacus* dans un sens inverse de celui que j'ai adopté avec Grobben ; de telle sorte que ce qu'il appelle le sommet correspond pour nous à la base.

rôle que l'auteur croit, mais à tort, nécessaire d'attribuer au noyau.

Je ferai remarquer que Gilson n'a pas vu la forme *annulaire* de la vésicule, et n'a pas expliqué ses transformations. Il ne dessine que des spermatozoïdes en cloche, cupuliformes, c'est-à-dire de forme inférieure et imparfaite.

Quant à la tigelle, Gilson reconnait que chez *Astacus* elle est un simple *bouton* implanté au centre du fond de la vésicule. «Nous possédons, dit-il, peu de détails sur son mode de formation». Elle apparait sous la forme d'une simple protubérance de la paroi inférieure de la vacuole. Le noyau *semble ne prendre* aucune part à sa formation. Sa production peut être fort tardive.

Gilson considère avec raison les prolongements plasmatiques comme naissant d'une bandelette annulaire qui est un reste du cytoplasme, et qui ceint le *noyau* du spermatozoïde. Ces prolongements sont *filiformes*, un peu élargis à leur base, et en *apparence souples* et *flexibles*. Cette dernière assertion n'est vraie que pour les spermatozoïdes cupuliformes que j'ai décrits et dessinés (Pl. VII, 217, 218, 219, 222, etc.). Mais elle ne saurait s'appliquer aux formes annulaires plus parfaites (Pl. VII, 4) chez lesquelles les prolongements apparaissent droits, rigides et peu flexibles.

Gilson dit qu'on observe assez souvent, au pôle inférieur (supérieur pour moi) du spermatozoïde achevé, un *petit amas de substances granuleuses* plus ou moins enclavé dans le noyau. Il n'en connait pas avec certitude l'origine. Il ne lui paraît pas dériver du noyau ; mais c'est plutôt un reste du protoplasme. Au lieu d'occuper exactement le pôle, il peut se trouver rejeté sur le côté, et représente probablement le corpuscule figuré par Grobben à coté du noyau de quelques spermatozoïdes. Gilson, reconnaît qu'il *manque* dans *le plus grand nombre* de spermatozoïdes.

J'ai déjà démontré d'une manière positive que cet amas situé sur des points divers de la surface de la cloche n'était autre chose que le noyau à divers degrés de dégénérescence. L'usage du vert méthyle sur des spermatozoïdes de tout âge supprime tous les

doutes à cet égard, car il permet de suivre les transformations qui conduisent du noyau à grains de chromatine au noyau réfringent brillant, homogène et peu ou pas colorable par le vert méthyle.

Gilson, en reconnaissant que ce corps *manque* dans le plus grand nombre des spermatozoïdes, fournit lui-même un bien solide argument contre sa propre assertion, que c'est le noyau qui forme la tête du spermatozoïde d'*Astacus*.

D'après Gilson, en effet, le noyau, qui a le plus souvent la forme discoïde des couronnes polaires, se transforme en une sorte d'écuelle ou de lentille concavo-convexe, dont la plus grande circonférence donne insertion aux prolongements plasmatiques. Parfois, dit-il, le noyau prend la forme d'une coupe très profonde.

Le noyau, qui dans la cellule possédait un filament nucléinien très net, acquiert dans les spermatozoïdes une plus grande avidité pour les matières colorantes. Aussi prend-il par le vert méthyle une *coloration bien uniforme*, qui plus tard se fonce au point de donner au noyau *tout entier* une apparence *homogène*. Gilson explique ce fait par une dissolution de la nucléine.

Gilson reproche à Grobben d'avoir pris le noyau devenu cupuliforme pour le résultat des transformations de la vésicule. Mais c'est avec bien plus juste raison qu'on peut reprocher à Gilson d'avoir pris les parois épaissies, brillantes, homogènes et très chromophiles de la vésicule pour le noyau devenu cupuliforme. Je suis surpris que l'usage du vert méthyle, que Gilson prône avec juste raison comme devant ne laisser aucun doute sur la signification des parties, ne l'ait pas éclairé sur la valeur de la vésicule, sur le rôle qu'elle joue dans la constitution de la coupe, et sur la disparition progressive et la dégénération du noyau comme noyau.

Une idée préconçue a certainement contribué à lui faire faire fausse route; car il ne peut, dit-il, admettre, avec Grobben, l'*exception grave* à la loi générale de la spermatogenèse que *constituerait la disparition du noyau.*

Et cependant Gilson a eu soin de constater cette *disparition totale* chez *Lithobius*, où malgré toute son attention et ses soins,

dit-il, il n'a pu réussir à déceler le noyau ni l'élément nucléinien, soit dans les cellules spermatiques avancées, soit dans les spermatozoïdes. Il est vrai que Gilson pense que dans ce cas la nucléine est *latente*; ce qui peut être vrai, mais n'est pas démontré et n'aura quelque chance de l'être que quand on nous aura appris ce que c'est que la nucléine *latente* (!).

En résumé, Gilson a reconnu la nature liquide de la vacuole.

Il a bien vu quelles étaient l'origine et la signification des deux membranes; il a considéré avec raison les prolongements plasmatiques comme dérivant du cytoplasme de la cellule. Il a bien vu la forme du bouton, quoiqu'il n'ait apporté aucune lumière sur son mode de formation, sur sa nature, et sur l'influence qu'il exerce sur la forme de la tête.

Mais il a émis sur la formation du spermatozoïde d'*Astacus* des idées évidemment erronées sur bien des points capitaux.

Ainsi, il méconnait le rôle de la vésicule dans la formation de la tête, et n'a pas reconnu l'existence et la genèse du dépôt réfringent et chromophile qui constitue la tête.

Il méconnaît le rôle du noyau, qu'il considère à tort comme constituant la tête sous forme de cloche, et dont il n'a pas reconnu l'atrophie progressive et la disparition tout au moins partielle, et même totale dans la plupart des cas.

Je crois devoir noter aussi que Gilson attribue à Grobben une théorie de la formation de la tête qu'il m'a été impossible de retrouver dans le mémoire de cet auteur. D'après Gilson, pour Grobben ce serait la vacuole qui formerait la tête avec l'aide d'un petit Nebenkern apparaissant à sa périphérie. Or Grobben s'est entièrement abstenu de désigner ce corpuscule ou masse albuminoïde comme *Nebenkern*; il se contente de le désigner comme *Eiweissklümpcken*, et de dire qu'il est réfringent et colorable par le carmin. Grobben s'est abstenu de comparer cette masse à un Nebenkern, et il a eu raison, car c'est certainement le bouton ou tigelle qu'il a décrit ainsi.

APPENDICE.

Depuis la rédaction de l'exposé historique qui précède, Hermann a publié deux mémoires relatifs à la spermatogenèse des Décapodes[1]. Les données générales de la première note de l'auteur que j'ai déjà analysée y sont reproduites sans modifications sensibles, et je n'ai rien à changer à ce que j'en ai déjà dit. Mais dans le dernier mémoire paru cette année même 1890, un chapitre important est consacré à la spermatogenèse d'*Astacus*, et l'auteur s'est longuement étendu sur les détails du processus. Aussi crois-je devoir en faire un examen spécial dans un appendice à cette revue bibliographique.

Hermann a reconnu dans les acini du testicule d'*Astacus* les deux éléments du revêtement d'aspect épithélial : 1° les *germes de remplacement* de Grobben, ou *plasmodium* de Gilson; 2° les grandes cellules arrondies ou spermatoblastes de Grobben, métrocytes de Gilson.

Mais il ne dit rien de l'origine des germes de remplacement, et par conséquent de leur dérivation des éléments de la membrane propre des acini.

En outre, il pense que les spermatoblastes acquièrent leur corps protoplasmique, en ce que *un corps* cellulaire sphéroïdal se *délimite* autour du noyau, *au sein du plasmodium*. Nous avons vu que le corps cellulaire est formé très progressivement par le noyau et autour du noyau.

Hermann incline à penser avec Gilson que les éléments granuleux qui restent (les noyaux restants du plasmodium) *s'aplatis*-

[1] G. Hermann ; Observations sur la morphologie et le développement des spermatozoïdes, principalement chez les Crustacés. (*Congrès international des Sciences médicales*. Copenhague, 1884. Compte rendu des travaux de la section d'Anatomie publié sous la direction de C. Lang).

Id. ; Notes sur la structure et le développement des spermatozoïdes chez les Décapodes (*Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, publié par A. Giard, 1890.)

sent contre la paroi, et représentent *apparemment* la couche génératrice chargée de pourvoir aux données ultérieures de la fonction germinipare ; cela peut être vrai pour quelques-uns et dans certains cas exceptionnels ; mais, les vrais nids de germes, les nids occupant de vastes surfaces de la paroi de l'acini dérivent directement des éléments de la membrane propre.

Hermann a observé le *Secretkörper* de Strassburger et de Grobben; il lui donne le nom de *corpuscule paranucléaire* pour éviter les dénominations de *corps accessoire*, *noyau accessoire* (Nebenkörper, Nebenkern) qui ont été attribuées à des formations variées. Il nous dit que ce corps irrégulièrement ovoïde, d'une réfringence mate, mesure de 6 à 7 μ dans son grand diamètre. Mais il ne nous fait pas connaître ses réactions vis-à-vis des colorants nucléaires, ni sa constitution, ni sa nature, ni son origine probable, ni sa fin, ni son rôle. Il se borne à dire qu'il précède les phénomènes de spermatogenèse proprement dits, et ne semble y prendre aucune part.

A propos des phénomènes de karyokinèse qu'il a bien observés chez *Astacus*, Hermann affirme, avec raison, que la forme à couronne équatoriale en anneau décrite par Carnoy est l'exception et non la règle générale, tandis que les couronnes à bâtonnets intérieurs sont réellement de beaucoup plus nombreuses ; mais qu'entre ces deux formes il y a de nombreuses formes intermédiaires. Il n'a jamais vu les éléments équatoriaux ayant la forme d'anses. Cette forme est très rare, mais je l'ai observée une fois (Pl. V, 37).

Hermann pense que dans les spermatoblastes provenant de la dernière segmentation, et destinés à devenir des spermatozoïdes le noyau a dès le début conservé toujours la forme discoïdale et la situation excentrique qu'il tient de son origine par division de la plaque équatoriale. C'est là un cas que l'on observe fréquemment, mais qui est loin d'être la règle générale, ainsi qu'en font foi les dessins qui accompagnent mon travail.

Quant à la transformation du spermatoblaste en spermatozoïde, Hermann a bien vu dans le protoplasme cellulaire un petit corps arrondi et réfringent, se colorant vivement par le carmin, mais il

ne peut donner aucune indication précise sur son mode d'apparition, ni dire si l'un de ces corps est en rapport avec la formation de la vésicule céphalique. Ce sont là, dit-il, des points qui exigent de nouvelles recherches.

Hermann rappelle d'ailleurs qu'il a figuré dans sa communication au Congrès de Copenhague les premières phases de la formation de la vésicule chez *Stenorhynchus phalangium*. C'est un petit corpuscule discoïde fixé à la surface du noyau. Il est *creusé* d'une petite cavité centrale claire. Mais, pour Hermann, ce corpuscule ne devient pas la vésicule, puisqu'il l'a vu, dit-il, au stade suivant comme enchâssé dans la paroi de la vésicule céphalique *qui se forme au dessous de lui* (c'est-à-dire entre lui et le noyau) et le soulève de façon à l'écarter peu à peu du noyau. Il marquerait ainsi pour Hermann le pôle supérieur de la vésicule où *ira bientôt s'amasser la substance chromatique*. Néanmoins l'auteur n'ayant observé aucune forme intermédiaire entre la première phase et cette dernière, et n'ayant pas suivi le soulèvement progressif du nodule, avoue ne pouvoir l'affirmer sans restriction.

Il n'a d'ailleurs trouvé ces premiers stades qu'un petit nombre de fois et chez *Stenorhynchus* seulement. Il considère comme évident qu'il y a une variante chez *Astacus*, où la vésicule évolue à distance du noyau, sans être à *aucun moment en contact immédiat avec lui*.

En définitive, Hermann incline à ne pas considérer la vésicule comme apparaissant dans le plasma cellulaire par *genèse*, ou par *differenciation*. Pour lui, la *nature nucléaire* de cette formation ne paraît *pas douteuse*; et son *origine nucléaire* sera *démontrée* par les recherches à venir.

Le lecteur a pu se rendre compte de ce qu'il y a de juste et d'erroné, à notre avis, dans ces assertions.

Il est vrai que le petit nodule apparaissant au contact du noyau chez *Stenorhynchus* est le premier début de la vésicule. Mais ce premier nodule, en se vésiculisant, devient lui-même la vésicule ; et ce que Hermann prend à tort pour le nodule soulevé par la

vésicule n'est que ce petit dépôt de grains chromatinés que nous avons signalé au pôle inférieur ou antinucléaire de la vésicule, où il forme un *anneau* entourant le futur orifice inférieur. C'est ce petit anneau vu obliquement qu'Hermann a pris probablement pour une petite cavité centrale claire.

En outre, ce n'est pas à ce niveau que se fera le principal dépôt de chromatine qui constituera la coupe, mais bien sur le pôle opposé ou nucléaire de la vésicule.

Enfin chez *Astacus* comme chez *Stenorhyncus* le petit corpuscule apparaît d'abord au *contact même du noyau*, et ne s'éloigne que plus tard.

Quant à l'origine nucléaire de la vésicule, nous aurons l'occasion de la discuter dans les conclusions générales de ce travail.

Hermann a vu l'épaississement en verre de montre des parois de la vésicule du côté du noyau ; cet épaississement se colore vivement par le carmin, le reste de la vésicule prenant seulement une légère teinte rosée. Mais il n'a pas vu que cet épaississement était le résultat d'un dépôt granuleux, et comme d'un crépissage.

Il a vu le noyau perdre progressivement son affinité pour les colorants nucléaires, ce qui est fort juste ; mais il n'a pas suivi le processus de cette transformation et la limitation de plus en plus accentuée des grains chromatinés en un disque mince entouré d'une zone claire si nettement dessinée par Grobben, qui s'est pourtant mépris sur sa signification, puisqu'il la considère comme une dépendance du cytoplasme.

Hermann a observé les invaginations supérieures et inférieures des parois de la vésicule céphalique, mais il n'en explique ni la cause, ni le mécanisme.

Comme Grobben et Gilson, Hermann a remarqué le rapetissement total de la vésicule, mais au lieu d'attribuer avec Grobben les stries rayonnées de la vésicule à des plis dus à l'affaissement des parois de celle-ci, il pense que les parois *s'épaississent sans se plisser* de manière à former des saillies externes séparées par des *cannelures*.

Je ne puis qu'appuyer l'opinion de Grobben, car les stries rayonnées

m'ont toujours eu l'aspect très net de plissements, le plus souvent assez inégaux et irrégulièrement distribués; et j'ai pu m'assurer qu'ils existent surtout dans les cloches ou coupoles minces et peu résistantes (Pl. VI, 101, 118; Pl. VII, 217, 219) et manquaient dans les cas contraires (Pl. VI, 121 ; Pl. VII, 2), quoique dans les deux cas les parois fussent évidemment constituées par un crépissage. Ce sont des plis provenant de la rétraction centripète du réticulum vésiculaire, rétraction qui tend à former le bouton ou tigelle centrale.

Hermann fait naître les prolongements radiés de la zone transparente ou *zone claire*, qui dérive des parties non chromatophiles du noyau (suc nucléaire et fibres achromatiques). Cette origine nucléaire des prolongements radiés est absolument contraire à toutes mes observations, aussi bien qu'à celles de Grobben, Gilson, Nussbaum.

Ces prolongements proviennent bien en effet du protoplasme situé à la périphérie de la zone transparente, quand elle existe ; mais ils proviennent du protoplasme cellulaire, ce qui est bien évident quand la zone transparente n'existe pas.

Enfin Hermann a vu le corps accessoire (Nebenkörper), corps d'une réfringence mate, ne prenant pas le carmin ; il pense qu'il prend naissance dans l'*hémisphère inférieur* du corps cellulaire (*hémisphère supérieur* pour moi). Il n'en indique ni l'origine, ni la nature, ni la signification, mais il a remarqué qu'il manque fréquemment.

Nous savons que le *corps accessoire* est une des formes de la dégénérescence du noyau.

Hermann n'a pas distingué les deux formes de spermatozoïdes d'*Astacus*. Mais ce qui me porte à penser qu'il a vu cependant la forme en cloche, c'est qu'il décrit, comme des anomalies, des spermatozoïdes chez lesquels les prolongements radiés étaient développés autour d'une vésicule restée à l'état de sphère aplatie.

A la fin de son mémoire, Hermann discute quelques propositions générales dont je renvoie l'examen à la fin de ce travail.

CHAPITRE II.

PAGURUS STRIATUS.

J'ai étudié la spermatogenèse dans quelques types du groupe des Pagurides : *Pagurus striatus*, *Paguristes maculatus*, *Eupagurus Lucasii*, *Eupagurus angulatus*, *Diogenes varians*. Comme mes recherches ont surtout porté sur *Pagurus striatus*, qui est extrêmement commun à Cette, je vais m'attacher particulièrement à l'examen de ce type; la description des autres en sera naturellement rendue plus facile et pourra être plus succincte.

Je n'ai rien à ajouter à ce que j'ai déjà dit des caractères des deutospermatoblastes chez *Astacus*.

Les spermatozoïdes de *Pagurus striatus*, quoique possédant une forme générale semblable, n'en présentent pas moins dans les détails des différences de forme assez notables, qui se rattachent du reste à de légères modifications dans le processus de formation *Astacus* nous a présenté deux formes assez distinctes de spermatozoïdes. Ici il nous sera possible d'en distinguer un plus grand nombre.

§ 1. — De la vésicule.

J'ai pu observer la vésicule dans les premières phases de son apparition. Elle est alors comme chez *Astacus* une petite vésicule naissant dans le protoplasme au contact du noyau (Pl. VI, 18, 19 *a*, *b*; Pl. VII, 64, 65). Elle s'était assez bien colorée par le carmin boraté ou par l'hématoxyline, mais moins bien dans le carmin aluné. Il est d'ailleurs probable que l'intensité de la colorabilité varie avec les cas.

J'ai vu dans un cas après fixation par la liqueur de Müller et coloration par l'hématoxyline un certain nombre de cellules qui renfermaient plusieurs petites vésicules réfringentes (Pl. VII, 27,

28, 29) à côté d'autres qui n'en renfermaient qu'une (Pl. VII, 30, 31, 32). Peut-être les petites vésicules multiples étaient-elles appelées à se fondre en une vésicule unique. C'est là l'opinion de Gilson, qui représente un cas de vacuole double (fig. 476 de son Mémoire).

Le développement de la vésicule se fait progressivement, et le plus souvent elle a atteint son volume définitif, sans qu'il se soit formé de dépôt bien évident sur ses parois. Cependant les colorants nucléaires en révèlent quelques traces, sous forme de granulations très fines qu'il faut observer avec de forts grossissements (Pl. VIII, 104, 105, 106).

Le contenu de la vésicule à ce moment peut présenter des aspects divers. Sur le frais il paraît clair et peu réfringent. On pourrait le considérer comme un liquide clair, mais les réactifs y révèlent des granulations plus ou moins abondantes et généralement fines (Pl. VII, 12). L'action des colorants nucléaires y révèle une modification spéciale qu'il est intéressant de noter. Si l'on traite la préparation par les doubles colorations telles que l'hématoxyline et l'éosine, on obtient les résultats suivants : Tandis que dans le noyau de la cellule les grains de nucléine se colorent en violet foncé par l'hématoxyline, le protoplasme de la cellule est coloré en rouge brique, le contenu de la vésicule prend une teinte violette assez prononcée ; et si on l'examine avec un très fort grossissement, on peut constater que cette teinte est due surtout aux nombreuses granulations extrêmement fines contenues dans le réseau de la vésicule et qui sont colorées en violet (Pl. VIII, 92, 93, 95). Dans la fig. Pl. VIII, 93, le contenu granuleux de la vésicule, rétracté contre les parois, a laissé dans le centre un espace clair irrégulier qui permet de reconnaître bien nettement le contenu granuleux de la vésicule. Cet espace clair est incolore et hyalin, tandis que le contenu solide est très riche en fines granulations.

A peine la vésicule a-t-elle atteint son diamètre maximum et parfois un peu avant, il se fait un dépôt de grains réfringents et très colorables sur divers points de ses parois, mais surtout au voisinage du noyau (Pl. VIII, 104, 105, 106), et jamais à cette époque

sur le pôle opposé au noyau. Ces grains très fins s'accumulent, s'agrègent, et constituent un crépissage d'abord discontinu, formant des plaques qui se réuniront plus ou moins dans la suite (Pl. VII, 8, 9, 10, 17, 24, 25, 26). Il se forme ainsi une coupole, une cloche comme dans *Astacus* (Pl. VII, 13, 15), d'abord peu profonde, mais qui pourra le devenir davantage par la suite. Comme chez *Astacus*, il se fait alors souvent à la partie inférieure de la vésicule un petit dépôt circulaire formant un anneau délié qui bordera le futur orifice de la vésicule (Pl. VII, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59 ; Pl. VIII, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 70). Mais ce que nous n'avons pas observé chez *Astacus*, et ce que l'on observe souvent chez les Pagurides, c'est la formation sur les parois de la vésicule devenue cylindrique d'une série d'anneaux semblables entre eux qui entourent la vésicule comme les cercles d'un barillet et lui donnent un aspect très élégant (Pl. VII, 14, 47; Pl. VIII, 59, 77). Tous ces dépôts sont constitués par une substance très réfringente, et se colorent vivement par tous les colorants nucléaires. L'emploi du vert méthyle les met fortement en évidence.

Une fois le dépôt chromatique formé, la vésicule change de forme. Elle était sphérique, elle s'allonge, et prend l'aspect d'un œuf dont la grosse extrémité est opposée au noyau (Pl. VII, 33, 34, 35, 37, 39, 43, 62, 64). Plus tard, il se forme à cette extrémité un orifice qui s'élargit, et la vésicule prend l'aspect d'un cylindre (Pl. VIII, 73, 74, 75, 89, 90, 91). Mais en même temps il s'est produit dans son intérieur des modifications qui aboutissent à la formation de la tigelle ou battant de la cloche.

§ 2. — De la tigelle, bouton, ou battant de cloche

Le bouton des spermatozoïdes des Pagurides diffère de celui d'*Astacus*, en ce qu'il a la forme d'une tige allongée, d'un bâtonnet occupant l'axe de la cloche. C'est une vraie tigelle. Elle apparaît, comme chez *Astacus*, sous forme d'un petit cumulus au fond de la cloche (Pl. VII, 11, 35, 37, 39, 44, 50, 51, 60, 61; Pl. VIII, 63, 64, 65), et croît très rapidement en longueur. On voit faci-

lement qu'elle est formée de grains agglomérés colorables par les colorants nucléaires, et réunis par une substance peu colorable dont la quantité relative varie, et qui forme le pédicule d'attache du bâtonnet ; si bien que dans certains cas, et les plus nombreux, la tigelle se colore fortement dans toute son étendue, par le vert méthyle par exemple, tandis que dans des cas plus rares la coloration est faible et partielle. C'est là d'ailleurs ce que nous avons observé pour *Astacus*. Les grains colorables de la tigelle sont, selon toute apparence, de même nature et de même origine que les grains des parois de la cloche. Ce qui peut d'ailleurs donner de ce fait une démonstration suffisante, ce sont les cas où le dépôt de la cloche et le dépôt de la tigelle forment une masse continue dans laquelle on ne saurait distinguer ni limite, ni différence d'aspect, de consistance et de coloration. La fig. Pl. VII, 20 représente un de ces cas que l'on rencontre d'ailleurs assez souvent.

La cloche et la tigelle sont l'une et l'autre le résultat de la condensation soit périphérique, soit centrale du contenu réticulé de la vésicule, les granulations colorables formant le dépôt chromatique et réfringent, le réticulum ou coagulum incolore constituant la partie non colorable qui forme le squelette et le pédicule de la tigelle, et qui tapisse parfois en couche assez mince la face interne de la cloche.

Pour en finir avec la vésicule et ses transformations, je dois dire que, dans bien des cas, dans les spermatozoïdes mûrs, la partie mince et délicate de ses parois qui n'a pas été revêtue par la cloche chromatique se réduit ou disparait ; et cette partie du spermatozoïde est alors très raccourcie. Il y a là comme une sorte de rétraction progressive de la vésicule, de l'orifice inférieur très élargi de laquelle la tigelle émerge fortement (Pl. VIII, 67, 68, 69, 71, 72, 76, 78, 80, etc.). Toutefois ce raccourcissement de la paroi de la vésicule ne suffit pas à expliquer la saillie parfois très considérable de la tigelle. Cette exagération de la saillie est due dans ces cas-là à une cause qui sera exposée plus loin.

§. 3. — Modifications du protoplasme, du noyau et de l'enveloppe du deutospermatoblaste.

Le protoplasme du deutospermatoblaste ou cellule spermatique subit à peu près les mêmes modifications que j'ai précédemment analysées et décrites pour *Astacus*. Je n'ai donc pas à y revenir. Le résultat final de ces modifications est le refoulement, la compression du protoplasme par l'accroissement de la vésicule, sa diminution croissante et sa réduction à une zone très mince entourant le reste du noyau au niveau du sommet de la cloche. C'est de cette zone que naissent trois prolongements protoplasmiques filiformes, très fins, et qu'il n'est pas toujours facile d'apercevoir.

Quant au noyau, il subit une modification fondamentale, c'est-à-dire sa diminution, son altération, et même parfois sa disparition totale, mais avec des variations de détail qu'il est bon de signaler, car il en résulte des changements de forme assez marqués dans le spermatozoïde.

Le noyau subit des modifications comparables à celles que nous avons observées chez *Astacus*. Tantôt il conserve sa constitution ordinaire, la nucléine restant sous forme de granulations distinctes, tantôt il prend un aspect homogène, et tel que la nucléine semble être à l'état diffus et dissoute dans le suc nucléaire.

Dans ce dernier cas, le noyau augmente d'abord de volume, comme s'il était gonflé par hydratation. Plus tard ce volume diminue et le noyau se ratatine. La nucléine devient de plus en plus rare et peut disparaître entièrement.

Le noyau prend d'ailleurs des formes variées et bizarres, parfois singulièrement orientées par rapport à l'axe de la vésicule.

Tantôt, comme dans la première forme d'*Astacus*, la nucléine tend à se restreindre vers la partie centrale du noyau, les parties périphériques devenant de moins en moins réfringentes et colorables. Mais alors la forme de la masse nucléinienne peut varier et être tantôt discoïde et horizontale comme chez *Astacus* (Pl. VII, 21,

22; Pl. VIII, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 70), tantôt cylindrique et verticale (Pl. VII, 20; Pl. VIII, 68, 69, 71, 72). Ces deux formes différentes paraissent en relation avec les deux tendances du noyau à prendre, tantôt la forme aplatie en gâteau surmontant la vésicule, tantôt la forme cylindrique.

Dans l'un et dans l'autre cas le noyau tend de plus en plus à se réduire, la partie devenue claire et incolore s'effaçant, à mesure que la nucléine diminue. C'est ainsi que se produisent finalement des formes comme (Pl. VII, 39, 40, 44, 50, 51, 60, 61) dans lesquelles le noyau s'est aplati en calotte au-dessus de la coupole, en conservant à peine quelques traces de nucléine, ou encore comme (Pl. VIII, 73, 74, 75, 76, 89, 90, 91), où le noyau forme au-dessus du sommet de la cloche un appendice flétri, peu coloré, renfermant quelques grains de nucléine, qui me paraît mériter le nom d'*appendice nucléaire*, et qui est réellement formé par les débris du noyau déchu et flétri. Cet appendice peut être orienté d'une manière fort bizarre ainsi que le montrent les fig. Pl. VIII, 75, 77. Il tend à se ratatiner encore, à se raccourcir et à former sur le sommet de la cloche un petit tubercule à peine reconnaissable peu riche en nucléine (Pl. VIII, 90, 91).

La forme à noyau cylindrique dans lequel la nucléine se réduit en un bâtonnet central (Pl. VIII, 69, 71, 72, 78, 80) peut dans certains cas embarrasser l'observateur, et devenir la source d'une méprise.

Dans ces cas, en effet, la cloche est parfois très courte, très surbaissée; ses bords sont presque nuls, la portion claire et membraneuse ayant disparu. (Pl. VII, 20; Pl. VIII, 68, 69, 71, 72, 78, 80). La tigelle est librement suspendue à sa face inférieure; et comme le centre de l'appendice nucléaire présente un aspect qui la rappelle, on pourrait hésiter sur l'orientation à donner au spermatozoïde, et prendre pour la cloche l'appendice nucléaire cylindrique, volumineux, clair, transparent comme s'il était gonflé par hydratation.

Les cas où l'appendice nucléaire est cylindrique ou conique et présente au centre une sorte de tige réfringente et bien colorée

pourraient encore donner l'illusion d'une continuité réelle entre la tigelle de la cloche et la pseudo-tigelle de l'appendice. Mais les cas où cette pseudo-tigelle est horizontale et perpendiculaire à la tigelle de la cloche ne sauraient laisser subsister pareille erreur. (Comparer Pl. VIII, 68, 69, 71, 72, avec Pl. VIII, 59, 62, 63, 64, 65, 66).

Il convient de dire en terminant que dans quelques cas, comme dans la seconde forme observée dans *Astacus*, le noyau reste appliqué sur la vésicule en forme de saillie localisée ou de verrue, et y subit des phénomènes progressifs de ratatinement et de dénucléinisation (Pl. VII, 52; Pl. VIII, 93, 94).

On peut juger, par ce qui précède, que le processus de spermatogenèse présente chez *Pagurus striatus* les mêmes traits essentiels que chez *Astacus*, et que comme dans ce dernier cas on peut observer :

1° La formation dans le protoplasme cellulaire d'une vésicule à contenu finement granuleux et chromophile et à réticulum très délicat ;

2° La concentration sur une partie des parois de cette vésicule et sur son axe central, de ce tissu réticulé et chromophile sous forme de cloche et de battant ou tigelle, dont la nature rappelle complètement la nucléine par sa réfringence et sa vive affinité pour les colorants nucléaires ;

3° Que le protoplasme cellulaire s'efface presque entièrement, ne laissant pour trace qu'une zone très mince autour du sommet de la cloche, zone d'où naissent les trois filaments protoplasmatiques ;

4° Que le noyau *tend à disparaître* comme noyau, et à perdre sa nucléine, qui dans tous les cas subit une altération révélée par une moindre affinité pour les colorants nucléaires, et par une moindre réfringence ; que les restes du noyau forment l'*appendice nucléaire* ;

5° Et que par conséquent la cloche qui par ses propriétés diverses semble représenter la tête du spermatozoïde paraît dériver d'un élément né dans le cytoplasme en dehors du noyau.

Telles sont les modifications principales du noyau et les différences qu'elles entraînent dans la forme du spermatozoïde. Voyons maintenant ce que devient la membrane cellulaire.

La membrane cellulaire subit chez *Pagurus striatus* des vicissitudes semblables à celles que nous avons étudiées chez *Astacus*. Mais beaucoup plus fréquemment que chez ce dernier la membrane cellulaire se détache de la membrane de la vésicule et limite tout autour de cette dernière un grand manchon rempli de liquide clair et hyalin (Pl. VII, 45, 46, 57 ; Pl. VIII, 83, 84, 94). Ce manchon conserve ses adhérences supérieures sur l'appendice nucléaire, et en bas généralement sur le sommet de la tigelle. A ce niveau, le manchon dépasse parfois l'extrémité de la tigelle et forme alors un véritable entonnoir dont le sommet est fermé par le sommet de la tigelle (Pl. VII, 57; Pl. VIII, 85, 84). Cette disposition a fait à tort croire à Gilson que la tigelle était toujours creuse dans ces cas-là. Elle est au contraire très généralement pleine, et formée par une agglomération de grains chromatinés ; et la cavité infundibuliforme n'appartient qu'à l'enveloppe cellulaire soulevée et boursouflée par le liquide hyalin qui la remplit.

La formation de ce manchon hyalin exerce une influence réelle sur la forme du spermatozoïde et en donne l'explication. C'est ce manchon en effet qui détermine la forme de la vésicule, quand elle est renflée inférieurement comme dans Pl. VIII, 94. Elle joue aussi un rôle important dans les déformations du noyau et dans les formes de l'appendice nucléaire ; car il m'a semblé que, dans la plupart des cas, les formes allongées du noyau et de cet appendice tenaient à ce qu'ils étaient à la fois comprimés et étirés par l'entonnoir supérieur du manchon.

Ce fait, que mes observations sur *Pagurus callidus* m'ont démontré, deviendra encore plus évident dans d'autres cas et notamment dans *Diogenes varians*.

On comprend d'autre part que, si le manchon s'élargit beaucoup, il exerce sur le noyau des tractions latérales et excentriques qui l'aplatissent plus ou moins, et peuvent contribuer à lui donner la forme d'un plateau.

L'influence du manchon sur l'élongation de la tigelle est d'une évidence telle, que j'ai à peine besoin de l'indiquer. Elle explique ces tigelles si démesurées, et qui font hors de l'orifice de la cloche une saillie bien étonnante Le gonflement et l'extension de la cloche suffisent pleinement, en effet, à étirer et à effiler cet appendice primitivement beaucoup plus court.

Avant de passer à l'exposé et à la critique des travaux antérieurs sur les Pagurides, je dois exposer les observations que j'ai faites sur d'autres espèces. Il va sans dire que je n'insisterai que sur les points qui présenteront quelque chose de spécial.

CHAPITRE III.

DIOGENES VARIANS.

Chez le *Diogenes varians*, qui est très abondant à Cette dans l'étang de Thau et dans le canal de la Bordigue, j'ai pu faire des recherches très suivies qui m'ont fourni quelques particularités intéressantes.

§ 1. — De la vésicule.

La ***vésicule*** ne m'a rien présenté de spécial. En colorant des deutospermatoblastes à grande vésicule par la méthode de Bizzozero, qui donne une élection si nette et si élective, j'ai aperçu dans ces grandes vésicules d'assez nombreux grains fins et colorés qui constituent les éléments du futur dépôt qui sera la cloche elle-même (Pl. IX, 40, 41, 42). Sur des éléments plus avancés, et où le noyau avait déjà subi une diminution de volume et un aplatissement bien marqués, j'ai vu le dépôt se faire progressivement sur la partie de la vésicule voisine du noyau (Pl. IX, 35, 36, 37, 38). En fig. 37 le dépôt pariétal assez accentué et occupant tout un hémisphère, était accompagné d'un rudiment de dépôt central assez irrégulier. En fig. 38 le dépôt central faiblement coloré avait la forme du bouton d'*Astacus*.

Le dépôt présente le plus souvent au début la forme d'un anneau entournant le pôle de la vésicule voisin du noyau (Pl. IX, 35, 36, 38). Cet anneau ou cercle polaire subsistera dans la plupart des cas comme cercle indépendant, et constituera le fond de la cloche. Il rappelle la forme annulaire des spermatozoïdes d'*Astacus*.

Le dépôt de substance chromophile se continue ensuite sur les parois de la cloche, et présente cette particularité que, au lieu de s'arrêter à un certain niveau, il gagne presque toute l'étendue des parois de la vésicule pour aboutir à un petit cercle plus épaissi, et

d'un très petit diamètre, qui entoure l'orifice inférieur de la cloche, et qui correspond à l'anneau grêle qui circonscrit l'orifice élargi de la vésicule de *Pagurus striatus*.

Le dépôt est plus ou moins épais, et forme le plus souvent une couche continue ; mais il se fait par fines granulations, par crépissage comme dans *Astacus* et *Pagurus striatus* ; et il revêt même dans certains cas la forme de grains isolés qui se distinguent parfaitement sur la coupe optique de la paroi (Pl. IX, 59, colorée par le vert méthyle, et Pl. IX, 43, 44 colorées par la méthode de Bizzozero).

En même temps que se fait le dépôt, la vésicule prend la forme d'un ellipsoïde assez régulier (Pl. IX, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 61), par suite de circonstances que j'analyserai un peu plus loin.

§ 2. — De la tigelle ou battant de cloche.

En même temps que se fait sur les parois de la vésicule le dépôt chromophile dont je viens de parler, il se forme dans l'axe un dépôt qui constitue la tigelle. Ce dépôt commence en général au sommet de la concavité de la cloche (Pl. IX, 37, 38) ; mais il se fait presque simultanément dans tout l'axe de la cloche. Il se compose de deux parties assez nettement distinctes, une partie superficielle non colorable, transparente, d'aspect membraneux et qui forme un véritable tube ou fourreau, et une partie chromophile, réfringente qui a l'aspect d'une agglomération de grains de chromatine, et qui forme au centre du fourreau une colonne un peu irrégulière, bosselée, et de grosseur variable (Pl. IX, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 61).

Cette partie centrale subit sur les spermatozoïdes complètement développés des modifications que nous examinerons bientôt. Je me borne à répéter ici que l'examen m'a démontré que cette tigelle ou colonne centrale était le résultat du tassement du contenu granuleux de la vésicule. Le réticulum achromatique se feutre en effet pour former le fourreau, tandis que les granulations chromatinées

qui ne sont pas déposées sur les parois de la cloche se réunissent pour former la masse centrale. On voit Pl. IX, 57, le début de ce processus d'agglomération; et sur les fig. Pl. IX, 52, 53, 54, 56, on peut voir la condensation de la portion achromatique sous l'aspect soit d'une masse cylindrique, soit de grumeaux irréguliers.

Il n'y a pas là de colonne creuse proprement dite, mais il s'agit en réalité d'une colonne solide formée de deux substances différentes, l'une pâle, transparente et achromatique, l'autre réfringente et chromatique. La forme grumeleuse du dépôt achromatique des fig. Pl. IX, 54 et 56 permet bien d'en juger.

La colonne ou tigelle centrale se forme exclusivement dans la cavité de la vésicule ; mais sur les spermatozoïdes adultes une partie de cette tigelle fait fortement saillie à travers l'orifice inférieur de la cloche. Cette particularité coïncide avec des modifications assez intéressantes dans la forme de la tigelle. En effet, cette dernière se divise en deux portions, l'une qui reste dans l'intérieur de la cloche et qui est massive, épaisse, et présente très généralement une extrémité inférieure plus grosse et appliquée à la face interne de l'orifice supérieur de la cloche, qu'elle obstrue, et l'autre extérieure, déliée, suspendue à la première par une sorte de filament achromatique et composée d'une série de petits grains de chromatine plongés dans une très mince couche de la substance achromatique (Pl. IX, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 59). Cette modification curieuse demande à être expliquée, ce que j'essayerai de faire lorsque je m'occuperai de l'enveloppe de la cellule spermatique primitive.

§. 3. — Modifications du protoplasme du noyau et de l'enveloppe du deutospermatoblaste.

Les spermatozoïdes de *Diogenes varians* présentent cette particularité qu'ils sont dépourvus d'appendices en rayons ou filaments étoilés. La portion du cytoplasme qui forme ces appendices chez la plupart des autres Décapodes semble donc ici s'effacer et disparaître.

Comme chez *Astacus* et *Pagurus striatus* le protoplasme de

la cellule spermatique tend à devenir aréolaire et à se dissocier sous forme de vésicules qui croissent, grandissent, et forment bientôt autour du spermatozoïde un vaste manchon ellipsoïdal (Pl. IX, 44, 60, 61, 62) rempli d'un liquide très clair et transparent.

L'enveloppe externe de ce manchon n'est autre chose que la membrane cellulaire fortement distendue par l'hydropisie du cytoplasme. Cette enveloppe ellipsoïdale a la forme d'une pomme allongée, et présente comme ce fruit une dépression supérieure et une inférieure qui proviennent d'adhérences contractées à ces niveaux par l'enveloppe cellulaire avec certaines parties du spermatozoïde inclus. Au pôle supérieur on remarque en effet une sorte de panache qui étroitement pédonculé s'élargit vers la partie supérieure et s'étale plus ou moins comme un parasol à la face interne de la voûte supérieure de l'enveloppe (Pl. IX, 61). Quand cette dernière est rompue et disparaît, ce qui arrive toujours pour les spermatozoïdes bien mûrs, les panaches prennent des formes assez irrégulières et variées, mais rappellent toujours cependant la forme typique (Pl. IX, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59). Ces panaches sont composés généralement de deux substances et rappellent un peu la constitution de la colonne centrale. Il y a en effet à la fois du protoplasme granuleux et des grains de chromatine. Mais il est à remarquer que ces derniers sont parfois *très rares* et *très réduits*, et que dans bon nombre de cas ils font *totalement défaut*. Ai-je besoin de faire remarquer que ce panache n'est en somme que l'homologue rigoureux de l'*appendice nucléaire* de *Pagurus striatus*, et que, comme ce dernier, il représente surtout les restes du noyau de la cellule spermatique. Nous avons déjà vu chez *Astacus*, et surtout chez *Pagurus striatus* la membrane cellulaire adhérer à la face du noyau opposée à la vésicule et produire chez ce dernier soit par traction, soit par pression latérale, les formes si singulières de l'appendice nucléaire. Il en est de même chez *Diogenes varians*. L'hydropisie et le gonflement de l'enveloppe cellulaire expliquent donc encore ici les formes empanachées et en parasol des restes du noyau et du protoplasme, c'est-à-dire de l'appendice nucléaire. Je

répète que dans beaucoup de cas cet appendice ne renferme que des traces insignifiantes de la nucléine du noyau (Pl. IX, 51, 55, 58) et que dans beaucoup d'autres il n'en renferme pas du tout (Pl. IX, 52, 53, 54). Ces grains ont parfois été entraînés assez loin de la cloche par suite de la traction centrifuge qu'a exercée la membrane cellulaire distendue sur les restes du noyau (Pl. IX, 59).

Au pôle opposé la membrane cellulaire a contracté des adhérences à travers l'orifice de la cloche avec l'extrémité inférieure de la tigelle. Elle a exercé aussi une traction centrifuge sur cette dernière, et l'a attirée en dehors de la cloche. Mais l'orifice de la cloche a un diamètre trop exigu pour permettre la sortie intégrale de la tigelle ; et c'est ainsi que se produit un étirement de l'extrémité inférieure de la tigelle, et cette forme allongée et déliée de la portion de cette dernière qui fait saillie. Elle se compose en effet de quelques grains de chromatine disposés parfois en une série unique, et renfermés dans un feutrage incolore qui forme supérieurement un pédicule très délié (Pl. IX, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54). Ainsi s'explique la forme étirée de ces parties externes. Ainsi s'explique encore le transport et l'accumulation vers l'orifice de la cloche de la plus grande masse de la substance de la tigelle, que la traction a attirée vers ce pôle de la cloche, quoique primitivement ce fût vers le pôle opposé, c'est-à-dire dans la voûte supérieure de la cloche que se fût surtout accentué le dépôt de la tigelle, et surtout le dépôt chromophile. Les figures Pl. IX, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 56, 61, me paraissent donner nettement l'indication du mécanisme que j'invoque. Ajoutons que dans quelques cas l'extrémité saillante et effilée de la tigelle paraît manquer de grains chromophiles.

On voit donc qu'il y a ici un fait nouveau et que nous n'avons pas observé chez *Astacus* et chez *Pagurus striatus*, c'est-à-dire la division de la tigelle en deux parts distinctes de forme et de situation, et très nettement séparées, l'une interne, large, épaisse, massive, l'autre externe, grêle et déliée. La différence de constitution de la cloche et l'orifice étroit de cette cloche chez *Diogenes*

varians me paraissent donner une explication satisfaisante de cette différence.

Mais, une fois ces dispositions réalisées, il se produit encore dans le spermatozoïde de *Diogenes varians* une modification intéressante que nous n'avons pas observée chez *Pagurus striatus*, mais que nous avons constatée et expliquée chez *Astacus*, c'est-à-dire le retournement en dedans et en haut des bords inférieurs de la cloche. Les fig. Pl. IX, 43, 44, 57, 58, 59, 60 représentent des degrés divers de ce retournement. L'explication me paraît devoir en être trouvée, comme chez *Astacus*, dans la rétraction de la substance protoplasmique claire qui enveloppe les grains chromatisés de la tigelle. Il est à remarquer, en effet, que dans les cas où se produit ce retournement, la substance chromatique se tasse et se dispose en colonne massive, et la substance achromatique feutrée qui l'enveloppait se rétracte au point de disparaître (Pl. IX, 43, 44, 57, 59, 60). Mais le rapprochement avec *Astacus* peut aller plus loin encore, car, si dans la plupart des cas la voûte de la cloche ne se modifie pas, dans d'autres moins nombreux (Pl. IX, 47, 48), cette voûte se surbaisse d'abord et présente ensuite une sorte d'ombilic ou d'entonnoir supérieur par suite du retournement en bas et en dedans des bords supérieurs de la cloche, qui se trouve dans ce cas percée d'un orifice en entonnoir exactement comme dans quelques spermatozoïdes d'*Astacus* (Pl. VI, 60).

On voit donc encore que la spermatogenèse de *Diogenes varians* présente les mêmes traits essentiels que chez les deux autres types étudiés, et qu'on peut avancer que dans ce type, comme dans les deux autres, il y a :

1° Formation dans le protoplasme d'une vésicule à contenu finement granuleux et chromophile, et à réticulum très délicat ;

2° L'accroissement dans son sein de l'élément chromophile et la concentration sur une portion des parois de la vésicule et sur son axe central de ce tissu réticulé, à grains chromophiles, sous forme de cloche et de tigelle ;

3° Que le protoplasme cellulaire s'efface *presque entièrement*, ne laissant qu'une masse plus ou moins réduite qui englobe les restes du noyau et entre dans la constitution de l'appendice nucléaire. J'ajoute cependant que je n'ai pas observé chez *Diogenes* les filaments radiés d'*Astacus* et de *Pagurus* ;

4° Une tendance très prononcée du noyau à disparaître et à perdre sa nucléine, et à former l'appendice nucléaire ;

5° La formation par conséquent de la cloche ou tête du spermatozoïde, par un élément né dans le cytoplasme, en dehors de l'intervention *directe* du noyau.

Tels sont les traits fondamentaux communs qui se retrouvent à travers des différences intéressantes de détail, telles que l'*absence* d'appendices radiés, la disparition plus ou moins accentuée de la nucléine, et la division de la tigelle en deux portions bien distinctes.

CHAPITRE IV.

PAGURISTES MACULATUS.

Chez *Paguristes maculatus* j'ai pu également suivre les diverses phases de la spermatogenèse. Je vais rapidement les analyser, en me bornant à indiquer les particularités dignes de remarque.

§. 1. — De la vésicule.

Je n'ai rien de spécial à dire sur l'origine de la vésicule, que j'ai observée cependant assez jeune dans le cytoplasme à côté du noyau (Pl. VII, 68), et dans des phases ultérieures (Pl. VII, 69, 70, 71). Quant au dépôt de substance chromophile à son intérieur, il a présenté quelques variations. Mais le type le plus général est le suivant. Sur la surface de contact de la vésicule et du noyau, surface qui est plane, se dépose une couche soit annulaire, soit le plus souvent discoïde, de grains chromophiles et réfringents qui constituent ce que Hermann a appelé le *collier*[1], parce qu'il considère la forme annulaire comme constante ; je l'appellerai plus volontiers le *disque* ou le *plateau*, parce que la forme en lamelle continue m'a paru de beaucoup la plus fréquente. La fig. Pl. IX, 20 représente un collier, tandis que la plupart des autres figures appartiennent au type en plateau.

Dans la plupart des cas le dépôt se limite à ce plan discoïde de contact du noyau et de la vésicule ; et il s'y ajoute un petit cercle formé de grains chromophiles qui occupe le pôle opposé de la vésicule (Pl. VII, 77, 79, 80, 81, 82). Mais dans d'autres cas ce dépôt dépasse la surface de contact du noyau et de la vésicule, et forme souvent alors une sorte de cloche ou coupole très surbaissée (Pl. IX, 17, 18, 19). Dans d'autres cas enfin le dépôt granuleux se

[1] Hermann ; *Sur la spermat. des Crust. décap.* (*Comptes rendus de l'Institut*, 1883.)

présente aussi sur les parois latérales de la vésicule sous forme de grains qui généralement sont disposés suivant des zones ou cercles parallèles au disque et au cercle inférieur. Ces cas, relativement peu nombreux, se remarquent cependant dans toutes les préparations (Pl. VII, 72, 83, 84, 85). Ils rappellent les cas analogues déjà mentionnés chez *Pagurus striatus* et chez *Diogenes varians*. Je fais remarquer que dans tous les cas la constitution du disque et du revêtement chromophile pariétal se manifeste clairement comme résultant du dépôt et de l'agglomération de grains distincts sous forme de crépissage. Ce dépôt appartient évidemment à la vésicule, et est appliqué à la face interne de la membrane qui la limite.

La vésicule, sphérique au début, acquiert progressivement une forme aplatie qui est caractéristique de ces spermatozoïdes de *Paguristes maculatus*, et qui contraste avec la forme cylindrique et allongée de la vésicule de *Pagurus striatus* et de *Diogenes varians*.

§ 2. — De la tigelle ou battant de cloche.

La tigelle se forme rarement chez *Paguristes maculatus*, et dans tous les cas elle est peu volumineuse, et parfois même peu apparente. Je l'ai cependant observée quelquefois; mais elle est rarement pourvue de grains chromophiles, et quand il y en a, ils sont en petit nombre (Pl. IX, 29, 31, 32, 33, 34). Dans certains cas la tigelle apparait sous forme d'un grumeau ou nuage peu apparent, incolore, sans grains, et suspendu à la face inférieure du disque ou plateau (Pl. VII, 79, 83, 84; Pl. IX, 23). Mais, je le répète, la tigelle manque bien souvent. C'est là un fait qui s'accorde bien avec l'opinion que j'ai émise sur la signification de la tigelle. Je pense en effet qu'elle n'est qu'une condensation dans l'axe de la vésicule, soit du réticulum, soit des granulations chromophiles de la vésicule, et qu'elle représente au centre de cette dernière ce qu'est le crépissage sur les parois. Il est à remarquer en effet que du moins chez les Pagurides observés par moi, le développement de la tigelle est généralement proportionné à l'impor-

tance de la croûte de crépissage des parois vésiculaires. Chez *Diogenes varians* le crépissage vésiculaire et la tigelle sont l'un et l'autre très développés. Chez *Paguristes maculatus* ils sont très peu étendus et peu abondants l'un et l'autre. Enfin chez *Pagurus striatus* ces deux formations occupent comme importance une situation intermédiaire entre ces deux derniers cas. Il y a là une corrélation qui s'observe dans d'autres cas, et qui mérite d'être signalée.

§ 3. — MODIFICATIONS DU PROTOPLASME DU NOYAU ET DE L'ENVELOPPE DU DEUTOSPERMATOBLASTE.

Le protoplasme de la cellule spermatique diminue considérablement, et se réduit à un collier étroit situé généralement autour du plateau ou disque, et d'où naissent trois prolongements filiformes assez courts.

Le noyau présente ici des transformations qui rappellent celles que nous avons observées chez *Pagurus striatus*. Le plus souvent le noyau acquiert un volume relativement considérable et une forme sphérique. Mais, dans ce cas, il prend aussi un aspect *homogène* assez prononcé. Il constitue une masse sphérique légèrement aplatie au contact du plateau ou disque. Il paraît homogène, d'une réfringence moyenne, et sa masse se colore uniformément, mais d'une manière peu intense par le vert méthyle et les colorants nucléaires. On n'y distingue pas de grains de nucléine isolés. Cette dernière substance semble s'être dissoute, et avoir diffusé dans le caryoplasme (Pl. VII, 70; Pl. IX, 17, 18, 19, 20, 21).

Dans quelques cas cependant on aperçoit dans le noyau des parties plus granuleuses et plus colorées situées au centre, tandis que la périphérie est claire et moins colorée.

Dans un cas (Pl. VII, 77), j'ai nettement distingué dans le noyau une vésicule à parois très nettes.

Dans d'autres cas, on aperçoit le noyau avec un aspect granuleux; on y distingue des grains de nucléine plus ou moins accumulés, agglomérés ; mais le noyau a perdu sa forme sphérique ; il s'est

ridé à la surface, il s'est ratatiné, et il manifeste des tendances évidentes vers l'atrophie et la disparition. Les fig. Pl. VII, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, montrent plusieurs cas observés chez le même animal et plusieurs degrés d'atrophie du noyau, Les fig. Pl. IX, 16, 22, répondent au même état. Les fig. Pl. VII, 82, 85, présentent des noyaux bien réduits et pauvres en grains de chromatine. Les fig. Pl. IX, 25, 26, montrent deux spermatozoïdes où les noyaux ne forment plus qu'une calotte mince, pâle et incolore, recouvrant la plaque vivement colorée et réfringente de la vésicule.

Je pense qu'il faut considérer cette forme granuleuse et ratatinée comme une phase ultérieure du noyau gonflé et homogène. En effet, dans ce dernier les parties périphériques deviennent claires, incolores (Pl. VII, 72; Pl. IX, 29), se ratatinent, et la partie chromophile se réduit de plus en plus.

Nous trouvons donc chez *Paguristes maculatus* les deux formes observées chez *Pagurus striatus*, c'est-à-dire la forme à noyau dilaté, gonflé et à chromatine diffuse, et la forme à noyau ratatiné et atrophié ou grains chromophiles rares et isolés.

Ces deux formes peuvent correspondre à deux modes différents du processus de transformation du noyau ; mais je crois aussi qu'elles représentent souvent ici, comme d'ailleurs chez *Pagurus striatus*, deux phases successives de cette transformation, la forme dilatée et à chromatine diffuse étant suivie de la forme ratatinée à chromatine rare et granuleuse. Cette seconde phase résulterait de la destruction de la plus grande partie de la nucléine, de sa réduction à quelques grains isolés, et de la disparition ou résorption du suc nucléaire.

Nous retrouverons clairement ces phases successives dans la spermatogenèse des Carides. Ce qui d'ailleurs appuie fortement cette manière de voir, c'est que dans les spermatophores on ne trouve plus que la forme à noyau granuleux et ratatiné.

Quant à la membrane cellulaire, je n'ai pas eu l'occasion d'observer nettement ici ces sortes d'hydropisies du protoplasme de la cellule spermatique qui éloignent la membrane de la vésicule et

que nous avons observées chez *Pagurus striatus* et chez *Diogenes varians*. Cela tient probablement à ce que cette modification se produit rarement. Mais elle se produit pourtant quelquefois, car j'ai pu observer chez un sujet quelques spermatozoïdes dont la tigelle faisait saillie par l'orifice inférieur de la vésicule (Pl. IX, 29, 31, 32), tandis que chez la plupart des autres la tigelle manquait ou était contenue dans la vésicule (Pl. IX, 28, 30, 33, 34). Or on a vu que cette saillie extravésiculaire de la tigelle s'expliquait par la traction de la membrane distendue de la membrane cellulaire. J'ai donc lieu de penser que cette membrane avait dans ces cas-là subi une distension suffisante, quoique je ne l'eusse pas observée directement. Mais j'ai le droit d'ajouter que ces cas doivent être rares, puisque dans mes nombreuses observations je les ai rarement rencontrés.

Je ne crois pas nécessaire de faire remarquer dans la spermatogenèse de *Paguristes maculatus* les mêmes traits fondamentaux que chez les autres Crustacés étudiés précédemment : formation de la tête du spermatozoïde par une vésicule sur les parois internes de laquelle se dépose de la substance chromophile, et tendance très marquée à l'atrophie du noyau et à la disparition de sa substance nucléaire chromophile.

CHAPITRE V.

EUPAGURUS LUCASII.

Les observations suivantes portant sur *Eupagurus Lucasii* viennent donner un nouvel exemple de ces modifications.

Je me borne à insister sur ce point que chez *Eupagurus Lucasii* j'ai également observé deux formes de spermatozoïdes exactement comparables à celles que nous ont présentées *Pagurus striatus* et *Paguristes maculatus*.

Dans une forme, la coupole déposée sous forme de crépissage épais (Pl. IX, 3, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15) est surmontée d'un noyau qui s'atrophie peu à peu, perd sa nucléine et disparaît entièrement. Dans l'autre (Pl. IX, 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9), le noyau volumineux, sphérique et à nucléine diffuse, surmonte la coupole vésiculaire

Je tiens à faire remarquer que la tigelle, plus ou moins en forme de battant ou de baguette effilée, se développe dans tous les cas, ce qui coïncide avec l'importance du dépôt vésiculaire sur les parois. Mais, dans la deuxième forme, la tigelle avait un aspect bien plus effilé que dans la première. La quantité de grains chromatisés contenus dans le feutrage était variable. Mais les tigelles les plus riches et les plus accentuées, se trouvaient généralement dans les vésicules où le dépôt s'était le plus étendu sur les parois.

Je ne puis laisser sans un mot d'explication les formes si étonnantes des fig. Pl. IX, 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9. Ces spermatozoïdes comprennent un noyau à nucléine diffuse, sphérique, surmontant une sorte de partie conique renversée, qui supporte inférieurement une sorte de plateau. Toute cette portion conique est enveloppée dans une grande vésicule claire en forme de sphère

aplatie. L'ensemble chromophile ressemble assez chez certains à un aérostat.

Quelle est la signification de ces diverses parties qui accompagnent le noyau homogène? Je vais le rechercher en m'attachant aux fig. Pl. IX, 6, 7, 9. Je m'occuperai ensuite des autres.

Dans les fig. 6, 9, il faut d'abord se demander quelle est la signification de la grande vésicule claire que surmonte le noyau. Au premier abord, on serait tenté de la considérer comme la membrane cellulaire distendue, et rappelant fidèlement les manchons transparents et hyalins que nous avons déjà observés. Mais c'est là une interprétation qui ne saurait être acceptée. Nous avons affaire ici, non à la membrane cellulaire distendue, mais à la membrane de la vésicule, qu'une trop grande production de liquide hyalin a fortement distendue. Ce qui le prouve, c'est 1° l'existence sur les parois de cette vésicule de grains chromophiles disséminés, ce qui n'a jamais lieu pour la membrane cellulaire, et 2° les relations que la membrane de cette vésicule contracte avec la tigelle dans la fig. 9 par exemple. La tigelle fait saillie en dehors d'elle, ce qui ne saurait avoir lieu quand il s'agit de la membrane cellulaire, mais ce qui arrive fréquemment pour la membrane vésiculaire.

D'ailleurs, cette distension excessive de la membrane vésiculaire rend admirablement compte des formes que nous avons sous les yeux.

Il faut remarquer, en effet, que le dépôt chromophile de la vésicule dans les formes, fig. 6, 9, est singulièrement constitué. Il comprend d'abord une sorte de plateau ou disque inférieur composé de grains, et au centre duquel est suspendue la tigelle. Ce plateau représente pour ainsi dire la nacelle de l'aérostat. Mais au-dessus du plateau on remarque une tige conique formée par le noyau et à la surface de laquelle les grains chromophiles sont disposés suivant des lignes régulières représentant assez fidèlement les cordes de suspension de la nacelle de l'aérostat. Ces lignes granuleuses ne s'étendent à la surface du noyau que jusqu'au point où la membrane de la vésicule se détache de la surface du noyau. Elles s'arrêtent là brusquement, mais les grains chromophiles se

retrouvent disséminés sur d'autres points des parois vésiculaires.

Il est facile de comprendre que les parois vésiculaires fortement distendues aient débordé du côté du noyau, se soient relevées et appliquées autour de la partie inférieure du noyau, et aient formé une sorte de manchon enveloppant cette partie, et appliquant sur elle les grains chromophiles des parties latérales de la coupole.

Les parties de la coupole qui étaient formées avant la dilatation excessive de la vésicule, et qui avaient acquis déjà une force suffisante, ont résisté à ce renversement des parois vésiculaires, et ont constitué le plateau inférieur. Dans la fig 7, les séries nombreuses de grains fins n'ont pas subi de retournement. Les fig. 1, 8, nous montrent des cloches à parois compactes dans lesquelles le dépôt des parois retournées s'est également fait sous cette forme compacte. La cloche primitive avait la forme normale telle qu'on l'observe dans les fig. Pl. IX, 10, 11, 12, 13, 14, 15 des spermatozoïdes de la première forme; mais sur les parois retournées de la cloche s'est fait un dépôt compact représentant une coupe dont le fond est constitué par la paroi même du sommet de la coupole.

Dans la fig. Pl. IX, 2, la coupole est seule compacte; et les parois vésiculaires ne possèdent que quelques grains disséminés dans des points éloignés du noyau. Enfin la fig. Pl. IX, 4, présente une forme très bizarre du dépôt du plateau et de la tigelle, qui est recourbée. L'un et l'autre sont visiblement formés par de gros grains assez distincts. Mais ce que présentait d'intéressant ce spermatozoïde, c'était la présence simultanée de la vésicule distendue et de la membrane cellulaire englobant à la fois le noyau et la vésicule. Ce cas constitue la meilleure démonstration, que dans les autres cas la grande cavité claire, sphère ou manchon, représentait bien la vésicule cytoplasmique distendue et non la membrane cellulaire.

CHAPITRE VI.

EUPAGURUS ANGULATUS.

Je note succinctement quelques observations faites sur *Eupagurus angulatus*.

Les fig. Pl. X, 100, 101 montrent des spermatozoïdes dans lesquels le noyau volumineux avait l'aspect homogène à chromatine diffuse. Les dépôts de la vésicule étaient granuleux et les tigelles évidentes.

Les grandes cavités claires et hyalines dont l'une entoure la cloche dans la fig. 100 et dont l'autre est suspendue à la vésicule dans la fig. 101 me paraissent ici correspondre à la distension excessive de la membrane de la cellule.

Ici se termine l'exposé de mes observations sur les Pagurides. Avant d'aborder d'autres types, je tiens à jeter un coup d'œil critique sur ce que mes prédécesseurs ont publié sur le sujet.

CHAPITRE VII.

EXPOSÉ ET CRITIQUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS SUR LA SPERMATOGENÈSE CHEZ LES PAGURIDES

Historique. — Les recherches de Grobben[1] sur les Pagurides ont porté sur *Paguristes maculatus*, *Eupagurus Prideauxii*, et *Eupagurus meticulosus*, mais particulièrement sur les deux premiers. J'ai quelques observations intéressantes à faire sur les résultats qu'il a publiés.

Je ferai d'abord remarquer que pour *Paguristes maculatus*, et *Eupagurus Prideauxii* il a donné des figures dont l'orientation est l'inverse de celles qu'il a données pour *Astacus*. Tandis, en effet, que dans ces dernières il plaçait en haut le noyau de la cellule *k*, et au bas la vésicule qu'il désigne par *s k* (*Samenkopf*), et qui provient du *Nebenkörper*, dans les deux Pagurides susnommés le *Samenkopf* ou vésicule est situé au-dessus du noyau qui est en bas. Ce renversement des parties est étonnant dans une même planche, mais on en trouve l'explication dans ce fait que très évidemment l'auteur a interverti la signification des parties.

Je ne puis douter que dans les figures 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44 de la Pl. III de Grobben se rapportant à l'*E. Prideauxii*, l'auteur n'ait pris pour le noyau ce qui est la vésicule déjà bien développée, et pour la vésicule le noyau déjà plus ou moins réduit et atrophié ; les fig. 38, 39, 40, 41 de Grobben sont des termes correspondant à des phases de la forme des spermatozoïdes dessinés par moi dans les fig. Pl. IX, 10, 11, 12, 14, 14, 15 chez *Eupagurus Lucasii* et Pl. VIII, 104, 105, 106 chez *Pagurus callidus*.

Mais dès la fig. 45, 46, 47, 48 de Grobben représentant des

[1] *Loc. cit.*

spermatozoïdes bien formés et bien différenciés, les désignations des parties deviennent conformes à la réalité, le noyau est devenu l'appendice médian *m z*, et la tête est située au dessus et représente la vésicule; mais ici nouvelle interversion : la tête est en haut et l'appendice médian en bas, ce qui est diamétralement opposé à ce que l'auteur a dessiné pour *Astacus*, où la tête est en bas et les débris du noyau en haut.

Pour *Paguristes maculatus*, mêmes interversions, mais plus évidentes encore. Dans les fig. 50, 51, 52, 53 de la Pl. III la vésicule est prise pour le noyau, et le noyau est pris pour la vésicule. Ce sont des cellules comparables aux fig. Pl. VII, 66, 70, 71 de mon mémoire, dans lesquelles le noyau colorable est repoussé et atrophié par la vésicule claire et ne présentant que quelques fines granulations.

Mais à partir de la fig. 54, 55, 56, 57, 58, 59 et 60 qui représentent des spermatozoïdes déjà formés, les désignations de Grobben deviennent exactes; le noyau est désigné comme *appendice médian m z*, et la vésicule est devenue la tête ; mais encore ici, contrairement à ce que Grobben avait dessiné pour *Astacus*, la tête est en haut et l'appendice nucléaire est à la partie inférieure de la figure.

Le lecteur n'a d'ailleurs qu'à mettre en présence les fig. 53 et 54 de *Paguristes maculatus* de la Pl. III de Grobben pour se convaincre que la fig. 54 correspond à la fig. 53 renversée.

Dans la fig. 54 la vésicule située en haut n'est que la vésicule inférieure de 53, où la paroi vésiculaire a subi une légère invagination due à la rétraction de la tigelle, tandis que le noyau 53 situé en haut, est représenté dans la fig. 54 comme un appendice inférieur déjà ridé, ratatiné et déformé. La fig. 55 est un spermatozoïde à noyau ou appendice nucléaire homogène et sphérique, mais situé à la partie inférieure.

Les fig. 56, 58, 59 sont également des formes semblables, et les fig. 57 et 58 sont des spermatozoïdes à noyau déformé et allongé, et dont la vésicule présente une pointe terminale due à la tigelle.

Les réflexions qui précèdent et qui me paraissent ressortir clairement de l'examen des figures sont également confirmées par le texte. C'est ainsi que pour sa fig. 50, qui représenterait d'après Grobben une cellule spermatique de *Paguristes maculatus*, où le corpuscule brillant qui devra former la tête est encore très petit, et où le prétendu noyau a conservé tout son volume, ce dernier est signalé par Grobben comme ne renfermant aucuns corpuscules nucléaires (In Kerne sind jetzt keine Kernkörpenchen zu erkennen). Or à ce stade, et même plus tard, le noyau est toujours très riche en nucléine sous forme de grains, ainsi que je l'ai représenté Pl. VII, 69, 70, 71 ; et c'est évidemment la vésicule claire et hyaline que Grobben a prise pour le noyau.

L'effet du carmin seul colorant employé par Grobben, confirme d'ailleurs mes remarques, car, dit-il, «le *Nebenkörper* se colore d'une manière *intense*» (ce qui à ce stade est un caractère du noyau) ; «et le noyau se colore en *rose*» (ce qui convient bien à la vésicule à cette phase de développement).

L'usage des colorants plus spécialement nucléaires que le carmin, et surtout l'usage du vert méthyle acétique permet de distinguer nettement le noyau de la vésicule ou *Nebenkörper* ; et c'est sur leur usage fréquemment répété à des phases très variées du développement de la cellule spermatique que se base mon appréciation sur les données de Grobben.

Je fais remarquer que Grobben est revenu à l'appréciation exacte des parties quand il s'est agi du spermatozoïde déjà différencié. Il attribue, en effet, justement l'origine de la tête au *Nebenkörper* ou vésicule, celle de l'appendice médian au noyau de la cellule, et celle des rayons à la zone sombre formée par le protoplasme cellulaire.

Grobben a d'ailleurs soutenu avec raison que le noyau *diminue* et perd son éclat et sa réfringence, et que la vésicule ou *Nebenkörper* croît au fur et à mesure que diminue le noyau. Il s'explique ce développement en sens inverse par cette condition que la tête du spermatozoïde consomme d'abord les parties du noyau les plus solides et les plus riches en albumine, et s'empare même plus tard

des restes liquides du noyau qui alors se ratatine, se plisse et devient irrégulier. Les parties solides du noyau restent appliquées sur les parois de la tête.

Grobben a aussi observé qu'en gagnant en maturité la tête du spermatozoïde devient plus petite ; puisqu'elle a reconquis son aspect brillant, c'est, dit-il, qu'elle a rejeté les parties plus liquides qui entraient dans sa constitution.

Gilson [1] a étudié la spermatogenèse de *Pagurus callidus*, *Pagurus striatus*, *Eupagurus Prideauxii*, *Clibanarius misanthropus* et *Paguristes maculatus*.

Chez *Pagurus callidus* et *P. striatus*, Gilson a conservé fidèlement l'oriculation qu'il avait adoptée pour *Astacus*, c'est-à dire qu'il a placé la vésicule à la partie supérieure et le noyau en bas. Il a remarqué combien peuvent varier les spermatozoïdes, mais sans signaler clairement les deux formes principales, l'une à coupe profonde et à noyau réduit, et l'autre à coupe très peu profonde et à noyau volumineux. Il a remarqué aussi la fréquence de ce qu'il appelle la *vésicule secondaire*, c'est-à-dire de l'hydropisie qui distend sous forme de manchon hyalin la membrane cellulaire.

Mais il n'a pas observé le dépôt si important de matière chromophile qui se produit sur la face interne des parois vésiculaires, et ne s'est pas rendu compte que la cloche, formée de dépôts chromophiles, constituait réellement la tête du spermatozoïde. L'usage du vert méthyle acétique, si vanté par lui avec juste raison, l'aurait éclairé là-dessus. J'oppose les résultats les plus certains de mes nombreuses observations à cette assertion de Gilson, que le contenu de la vésicule à l'état frais ne présente qu'une *faible réfringence*, et que ce contenu ne forme un *coagulum brillant* en forme de manchon tapissant la paroi, que quand la vésicule a été fortement déshydratée et a subi l'enrobage à la paraffine. Mes figures et les préparations qui leur ont servi de base réfutent suffisamment ces propositions.

[1] Gilson ; *loc. cit.*

Gilson, convaincu que le noyau constituait la tête du spermatozoïde et la partie chromophile et réfringente qui recouvre la cloche, n'a pas reconnu les vraies transformations et les altérations du noyau, qui tend à l'atrophie générale et à la disparition de l'élément nucléinien ou chromophile.

Aussi déclare-t-il qu'il ignore la signification de l'*anneau incolore* qui *ceint* (dit-il) la pièce nucléaire des spermatozoïdes représentés dans ses fig. 502 et 515. L'intelligence de ces figures n'est cependant point malaisée, quand on sait que ce que Gilson appelle la pièce nucléaire n'est point constitué uniquement par le noyau, mais comprend deux parties bien distinctes, d'une part en bas les restes du noyau, et d'autre part la portion chromophile de la cloche qui forme la tête, ces deux parties également colorées et réfringentes étant séparées par un disque du caryoplasme, qui constitue l'anneau incolore. Ces deux cas observés par Gilson et qui se sont assez souvent présentés à moi constituent une bonne réfutation de l'opinion que la vésicule n'acquiert pas dans une partie de son étendue des parois réfringentes et chromophiles.

Quant *à la tigelle,* Gilson dit avec raison que, comme chez le *Homard*, c'est une petite *éminence apparaissant sur le fond* de la vésicule, et qui, se développant, ne fait que s'allonger ou s'effiler à son sommet, et se pédiculiser. Gilson a en outre fort bien constaté la soudure possible de la pointe de la tigelle avec la vésicule secondaire (membrane de la cellule) et les modifications qui en résultent pour les transformations et l'élongation de la tigelle, et pour l'évasement de son extrémité libre en entonnoir (fig. 498, 500, 501, 517 de Gilson).

Pour Gilson, et avec juste raison, les trois prolongements sont évidemment produits par les restes du cytoplasme qui circonscrivent le noyau, et ne sont pas comme le soutient Hermann des dérivés du noyau.

Quant aux modifications du noyau, Gilson a reconnu la fréquence de la déformation bacillaire du noyau qui en fait l'appendice médian de Grobben, et ses relations avec le développement excessif de la vésicule secondaire. Mais il a tort de ne pas distinguer le

dépôt réfringent et chromophile de la vésicule du noyau qui le surmonte. Il a par suite considéré la cloche qui forme réellement la tête de spermatozoïde comme dérivant directement du noyau, et il n'a pas reconnu que le noyau avait une tendance très prononcée à l'atrophie et à la disparition complète, quoique les fig. 510, 511, 512, 514 de son mémoire soient des démonstrations très frappantes de ce fait. Elles représentent, en effet, des spermatozoïdes dans lesquels le noyau a déjà perdu presque tout son élément nucléinien, et où il n'en reste que des fragments réduits.

Gilson a eu le tort de croire que la règle était la dissolution de la nucléine dans le plasma nucléaire, et que la persistance de cet élément à l'état distinct n'était qu'une exception. Les deux formes, forme à nucléine dissoute ou diffuse et forme à nucléine granuleuse, se rencontrent fréquemment et doivent être considérées, ainsi que je l'ai fait, tantôt comme deux formes distinctes et normales de spermatozoïdes, tantôt comme deux phases successives du processus de transformation du noyau. Si Gilson s'était placé à ce point de vue, il n'eût point été tenté de considérer comme un *corps énigmatique* de simples fragments de nucléine réduits et fort amincis situés dans des noyaux qui s'atrophient ; et il eût reconnu que la cloche ou tête colorée du spermatozoide n'est pas formée par le noyau, mais bien par une modification de la vésicule.

Gilson a remarqué que chez *Eupagurus Prideauxii* la dissolution de la nucléine se produit souvent de bonne heure, et avant que le noyau ait perdu sa forme sphérique. J'ai fait la même remarque pour *Eupagurus Lucasii*. Mais tout en commettant par rapport au noyau et à la cloche les mêmes confusions que pour *Pagurus striatus*, il n'a pas distingué les deux formes que j'ai signalées chez *Eupagurus Lucasii*. Quoique les observations de Gilson aient porté sur une espèce différente, je suis disposé à penser que les deux formes doivent aussi s'y rencontrer.

Pour *Paguristes maculatus*, Gilson décrit trois sortes de spermatozoïdes : dans l'une la vésicule donne naissance à *un vase renflé ;* dans la seconde à une coupe très évasée *surmontant* le

noyau, dans la troisième à une coupe semblable mais qui *contient* le noyau dans sa cavité.

La première espèce est celle que j'ai décrite, que j'ai presque toujours rencontrée, et qui me paraît la plus normale. Gilson n'a pas décrit l'anneau composé de grains chromophiles qui se forme au pôle inférieur de la vésicule, et qui manque bien rarement.

La seconde forme de Gilson n'est autre que la forme à noyau atrophié que j'ai représentée (Pl. IX, 25, 26, 27), mais avec la coupe moins évasée. Enfin la troisième forme, assez étonnante, ne s'est pas présentée à mon observation.

Ici comme dans les cas précédents, j'aurais à renouveler mes critiques pour ce qui a trait au noyau et à la formation de la tête ou cloche. Le collier de grains chromophiles a entièrement échappé à l'observation de Gilson.

Cet auteur a fait remarquer avec juste raison que la vésicule secondaire est presque généralement absente dans cette espèce; que la tigelle est en général petite et mince, et manque même assez souvent (si l'on en juge par ses figures), et que les prolongements plasmatiques manquent à beaucoup de spermatozoïdes. On a vu que mes observations coïncident fort bien avec les siennes à cet égard.

A propos de la tigelle de *Clibanarius misanthropus*, Gilson décrit un renflement en forme de manchon. Ce fait, qui rappelle ce que j'ai décrit avec grand soin à propos du *Diogenes varians*, me donne l'occasion de faire remarquer que Gilson n'a pas su distinguer dans la tigelle deux éléments variables, dont l'un chromatique et granuleux provient de la condensation de nucléine dissoute dans le contenu vésiculaire, et dont l'autre achromatique et membraneuse est le résultat du feutrage de la portion achromatique de ce même contenu. J'ai déjà donné des preuves à l'appui de cette manière de voir. La spermatogenèse du Homard en apportera de nouvelles et plus concluantes encore.

CHAPITRE VIII.

HOMARUS VULGARIS.

La spermatogenèse du Homard a particulièrement attiré mon attention; et je désire faire ici un exposé étendu des résultats de mes recherches, car elles ont trait à des points délicats qui ont fait le sujet de publications récentes[1], et qui me paraissent mériter un examen approfondi.

§ 1. — Des spermatoblastes.

Les spermatoblastes du Homard présentent très souvent à des distances variables du noyau et dans le cytoplasme un Nebenkern ou corpuscule paranucléaire. J'ai déjà eu l'occasion d'en parler à propos de la tendance du cytoplasme à se subdiviser en masses vésiculaires ou globulaires.

Je vais ajouter quelques mots à mes premières réflexions. Dans une nouvelle série d'observations, j'ai voulu comparer les effets des colorants nucléaires sur ces corpuscules paranucléaires et sur les parties chromophiles renfermées dans le noyau de la nucléine. Je dois dire qu'au point de vue du degré de réfringence, aussi bien qu'au point de vue de l'affinité pour les colorants, il m'a été impossible de constater la plus légère différence. Notamment dans bon nombre de proto-spermatoblastes où la nucléine s'était partiellement agglomérée en un corpuscule de dimensions sensiblement égales à celles du corpuscule paranucléaire, l'iden-

[1] G. Hermann; *Observations sur la morphologie et le développement des spermatozoïdes, principalement chez les Crustacés* (Compte rendu des travaux de la section d'anatomie du Congrès international de Copenhague, 1885). Id.; *Notes sur la structure et le développement des spermatozoïdes chez les Décapodes* (*Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, 1890).

tité à l'œil entre ces deux corps était complète après fixation par la liqueur de Ripart et Petit et coloration par le vert méthyle. J'ai pu remarquer aussi que dans la plupart des cas le corpuscule paranucléaire était enveloppé d'une couche claire et hyaline où les granulations du cytoplasme faisaient défaut (Pl. VIII, 1). J'avais d'ailleurs signalé ce fait à propos de la fig. Pl. II, 23, qui représente des masses globuleuses du cytoplasme qui ne renferment qu'un corpuscule paranucléaire placé au sein d'une substance hyaline.

Il semblerait que dans ces cas les granulations d'une région du cytoplasme se soient concentrées et agglomérées et aient acquis des propriétés chromophiles; et j'aurai l'occasion de revenir sur ce sujet quand, après l'étude des cas particuliers relatifs à chaque espèce, je traiterai des caractères et de la signification du dépôt chromophile de la cloche, qui constitue la tête du spermatozoïde.

§. 2. — De la vésicule.

J'ai observé chez le Homard des périodes très précoces d'apparition de la vésicule, et des périodes plus ou moins avancées.

Comme dans les cas précédents j'ai vu la vésicule naître près du noyau sous forme d'une petite sphère claire sur les parois de laquelle de forts grossissements montrent des grains extrêmement fins de substance chromophile (Pl. VIII, 181, 182). Plus tard et à mesure que la vésicule grandit, ces grains deviennent plus gros et plus facilement observables. Sur des fragments de testicule durcis, débités en coupes fines que l'on colore par l'hématoxyline et que l'on observe dans le baume, l'ensemble de ces grains apparaît comme une couche granuleuse continue, tapissant les parois de la vésicule, plus épaisse au voisinage du noyau, et s'amincissant vers le pôle opposé (Pl. VII, 183). Le contenu de la vésicule est alors coloré aussi d'une manière très appréciable par l'hématoxyline. Il est granuleux, et de forts grossissements permettent de constater des grains colorés très fins, et qui semblent donner la coloration à l'ensemble.

Mais sur des dissociations bien faites après fixation dans le

liquide de Ripart et Petit, et diversement colorées, on peut pousser plus loin l'analyse de ces vésicules et y reconnaître des détails de structure intéressants.

Notons d'abord que ces vésicules se présentent assez souvent en nombre multiple, deux le plus fréquemment, trois ou quatre bien plus rarement (Pl. VIII, 2, 27). Sur des préparations colorées soit au picrocarmin (Pl. VIII, 2), soit au violet de gentiane (Pl. VIII, 10), soit au vert méthyle acétique (Pl. VIII, 11, 12, 13, 14), soit à la fuchsine acide (Pl. VIII, 26, 27), on constate aisément avec des grossissements suffisants les grains de substance chromophile fins suspendus d'abord dans le contenu de la vésicule, déposés ensuite sur les parois, et qui deviennent de plus en plus gros et évidents sur ces parois (Pl. VIII, 11, 12, 13) et plus particulièrement vers l'hémisphère nucléaire de la vésicule, tandis que le contenu de cette dernière devient de plus en plus clair et transparent.

Sur bon nombre de vésicules colorées à la fuchsine acide, j'ai observé une curieuse disposition des grains chromophiles déposés sur les parois ou contenus dans la vésicule (Pl. VIII, 26, 27). Ces grains, d'ailleurs inégaux, étaient en effet disposés suivant des méridiens dont la régularité était vraiment frappante. Dans les cas normaux où une seule vésicule existait, les méridiens étaient dirigés comme en Pl. VIII, 26 du pôle nucléaire de la vésicule au pôle opposé. Dans le cas des vésicules multiples cette direction était moins nette (Pl. VIII, 27), mais il y avait tendance plus ou moins accentuée vers cette orientation.

J'ai observé trop nettement et trop souvent cette disposition, pour que je ne sois pas porté à y voir quelque chose de normal, et pour renoncer à y trouver l'indice de quelque tendance physiologique que je ne saurais préciser, mais qui se relie aux transformations ultérieures de la vésicule et particulièrement à son élongation dans le sens des méridiens.

Je n'ai pas observé cette disposition dans toutes les vésicules ; mais il est possible qu'elle y soit plus ou moins manifeste à une période de leur développement. Elle laisse d'ailleurs des traces

évidentes dans quelques spermatozoïdes bien développés (Pl. VIII, 29, 42).

Les transformations ultérieures de la vésicule sont intéressantes à suivre, et je vais m'y arrêter, d'autant plus qu'elles ont été méconnues ou imparfaitement interprétées dans les travaux les plus récents.

La vésicule présentant sur sa face interne un dépôt granuleux chromophile plus abondant sur l'hémisphère voisin du noyau, s'allonge et prend une forme ellipsoïdale (Pl. VIII, 10) d'abord assez régulière, ou bien ovoïde (Pl. VIII, 3, 12) la grosse extrémité étant voisine du noyau. Mais ensuite tandis que la coupole, dont les parois sont renforcées par un crépissage épais de substances chromophiles, conserve ses dimensions et représente une sphère plus ou moins aplatie, l'hémisphère inférieur de la vésicule, dont les parois sont minces et peu riches en substance chromophile, subissent un allongement plus ou moins prononcé, qui la transforme en cylindre plus ou moins régulier d'aspects très variables (Pl. VIII, 5, 6, 7, 8, 9, 16, 17, 18, 19, 21, 22. 23, 24, 43, 44, 45, 46, 47, 48). Il résulte de là que la vésicule transformée se divise en deux régions la *coupole* et le *cylindre*. La coupole a généralement un diamètre supérieur à celui du cylindre et déborde celui-ci au niveau de leur cercle d'union. Mais il peut arriver que le cylindre n'ait pas subi de rétrécissement et se continue directement avec la coupole sans angles rentrants (Pl. VIII, 4, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 44, 50). Entre ces deux types se trouvent toutes les formes intermédiaires, dans lesquelles le cylindre légèrement plus étroit que la coupole se continue avec elle par une surface courbe plus ou moins rentrante (Pl. VIII, 5, 21, 22, 23, 24, 39, 41, 42, 43, 48, 55, 56).

Mais dans tous les cas la délimitation de la coupole et du cylindre est déterminée par la présence au niveau de la coupole d'un *crépissage* plus riche, plus abondant, et formant une couche continue ou à peu près continue ; tandis que le cylindre se trouve à cet égard dans des conditions différentes, les dépôts des grains chromophiles étant rares et clairsemés. Très généralement aussi la

zone de séparation ou d'union de la coupole et du cylindre est précisément le point d'où naissent les prolongements protoplasmiques sur lesquels nous reviendrons.

La coupole, ai-je dit, présente une couche de crépissage assez épaisse et continue ; mais il y a sous ce rapport bien des variations à signaler. La couche n'est jamais régulière, mais toujours plus ou moins inégale, et surtout épaisse vers le sommet de la coupole, au voisinage du noyau. Toujours ou presque toujours il est facile de se convaincre qu'elle est formée de grains agglomérés ; et cela se constate d'autant mieux, qu'il n'est pas rare que sur certains points les grains soient isolés et que la couche offre de vraies lacunes (Pl. VIII, 5, 6, 7, 8, 9, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 38, 38). Il en résulte parfois des inégalités et des irrégularités notables et un défaut frappant de symétrie (Pl. VIII, 5, 21, 32, 33, 77). Parfois même la coupole est uniquement formée de petits grains isolés et distincts (Pl. VIII, 6, 19, 25, 56).

Le cylindre est formé par la portion allongée de la vésicule ; son orifice supérieur s'insère sur l'orifice de la cloche ou coupole, et sa base inférieure finit par se transformer en un orifice par où pourra faire saillie la tigelle.

Au point de vue de la forme du cylindre les spermatozoïdes du Homard présentent deux types distincts ; chez les uns le cylindre est très long (Pl. VIII, 17, 24, 28, 30, 32, 34, 35, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 56) ; chez les autres il est plus ou moins court (Pl. VIII, 5, 6, 7, 8, 16, 18, 19, 21, 23, 25, 38, 43, 49, 51, 52, 53, 54, 55). Généralement les formes longues se terminent inférieurement par un cône tronqué, tandis que les formes courtes s'ouvrent par un orifice d'un diamètre égal à celui du cylindre, ou même supérieur, le cylindre s'évasant parfois légèrement vers la partie inférieure (Pl. VIII, 3, 6, 16, 18, 38, 43, 51, 53, 54, 55). Mais entre ces deux types on observe toutes les formes intermédiaires.

Les parois du cylindre sont formées par la membrane de la vésicule ; mais on y observe très souvent des dépôts discrets de grains chromophiles semblables à ceux de la coupole, mais qui sont très

variables dans leur distribution. Leurs réactions vis-à-vis des colorants nucléaires sont identiques avec celles de la coupole. Le vert méthyle les colore parfaitement; mais ils sont généralement très fins, ce qui peut-être les a soustraits à l'observation de ceux qui ont étudié la spermatogenèse du Homard, car il n'en est fai mention par aucun d'eux.

Tantôt ces granules sont limités à certaines régions du cylindre, et généralement au voisinage des deux extrémités; tantôt ils sont disséminés également sur toute l'étendue du cylindre, et sont plus ou moins rares ou nombreux. Dans ce dernier cas ils sont extrêmement fins (Pl. VIII, 6, 7, 25, 28, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 53, 55, 56). Mais dans d'autres cas ces grains plus volumineux se disposent en zones ou cercles parallèles qui donnent un aspect fort élégant au cylindre, et qui rappellent ce que nous avons déjà observé chez les Pagurides et en particulier chez *Pagurus striatus* (Pl. VIII, 5, 16, 18, 19, 43, 48). Dans tous les cas l'orifice inférieur est délimité par un cercle de grains chromophiles qui, quand ils sont volumineux, forment là une sorte de bourrelet circulaire saillant à l'extérieur (Pl. VIII, 28, 30, 32, 34, 35, 40, 42). Quand le cylindre se termine inférieurement par un cône tronqué, ce premier bourrelet entoure et dessine la petite base du tronc de cône, et au niveau de la grande base se trouve un second bourrelet formé généralement de grains plus volumineux et plus saillants (Pl. VIII, 4. 17, 22, 39, 41, 44, 45, 46, 47, 52, 56). Enfin parfois entre ces deux cercles de grains qui délimitent le cône se trouvent des cercles intermédiaires; et chacun des bourrelets peut être constitué par la réunion d'un ou plusieurs cercles agglomérés et plus ou moins confondus.

Si j'insiste sur ces détails, qui n'ont pas en eux-mêmes une grande importance, c'est qu'il me paraît en ressortir clairement ce fait, que sur toute l'étendue des parois de la vésicule, tant sur la coupole que sur le cylindre, il y a à divers degrés tendance au dépôt de grains de substance chromophile, et tendance aussi à la disposition de ces grains sous forme de cercles ou d'anneaux plus ou moins saillants.

Il est une forme de la coupole et du cylindre qui se présente assez souvent, et qui consiste en ceci que la partie supérieure du cylindre fait saillie dans l'intérieur de la coupole (Pl. VIII, 6, 7, 8, 25, 38, 54). Dans ces cas les bords inférieurs de la coupole se sont retournés vers l'intérieur, comme si le cylindre avait été poussé vers la cavité de la coupole, et y avait pénétré entraînant avec lui les bords de la coupole auxquels il adhère. J'expliquerai bientôt cette singulière disposition.

J'ajoute enfin que parfois la coupole est très réduite et peu bombée, et tend à former simplement un disque plus ou moins bombé et parfois même tout à fait plat (Pl. VIII, 4, 9, 51).

§ 3. — De la tigelle.

La tigelle du Homard est très remarquable par sa forme et par son volume. Elle est en effet parfois très volumineuse et permet alors une analyse satisfaisante de sa structure et de son mode de formation. Elle offre en outre un grand nombre de variétés qui ne sont certes pas sans utilité pour l'intelligence de sa structure. Je vais l'étudier avec tout le soin que mérite cette singulière formation.

Le bâtonnet ou tigelle peut affecter diverses formes. Elle apparaît au sommet de la cavité de la coupole sous forme d'une saillie irrégulièrement conique, qui est généralement composée de deux parties, une partie non chromophile et d'aspect réticulé et feutré, dans laquelle se trouvent disséminés un nombre variable de grains chromophiles (Pl. VIII, 3, 5, 7, 10, 11, 16, 21, 22, 23). Je l'ai vue ayant la forme d'un bouton (Pl. VIII, 15) et rappelant fidèlement le bouton ou battant de cloche d'*Astacus*.

Cette forme rudimentaire peut persister dans quelques cas; mais très généralement la tigelle s'allonge et atteint l'extrémité libre et l'orifice du cylindre. Elle dépasse même dans bien des cas cet orifice et fait saillie au dehors de la cavité cylindrique (Pl. VIII, 18, 19, 43, 45, 48). Ce sont là des particularités que nous avons

remarquées déjà chez les Pagurides, et sur lesquelles je n'insiste pas.

Ce sur quoi je sens le besoin d'insister, c'est la forme et la structure même de cette colonne qui occupe le centre de la coupole et du cylindre.

Dans quelques cas, la tigelle se présente sous la forme d'un cône court, au sommet duquel est suspendue une tigelle très fine et très délicate qui contient des grains chromophiles très fins sur toute sa longueur (Pl. VIII, 18, 19, 40, 43). Ces formes rappellent les tigelles filiformes de quelques Pagurides. Dans ces cas la tigelle est formée par un feutrage très étiré et effilé, dans les mailles duquel sont renfermés quelques fins granules chromophiles. C'est un vrai filament dans lequel il est impossible de distinguer une cavité et des parois.

Mais cette disposition est loin d'être la plus fréquente. Le plus souvent la tigelle a réellement l'aspect d'une tige creuse dans laquelle on peut distinguer des parois et une cavité. Dans ce cas la tigelle commence à la partie supérieure par l'éminence conique qui a paru la première au sommet de la coupole, et dans laquelle sont contenus quelques grains de substance chromophile. A cette partie conique fait suite une partie plus longue et cylindrique qui parcourt l'axe du cylindre vésiculaire. Cette partie s'élargit enfin sous forme conique à l'extrémité distale; et son orifice vient adhérer à celui de la vésicule. La tigelle est donc composée d'un cylindre central terminé par deux élargissements coniques; et elle peut être comparée à une colonne composée d'un fût, d'une base et d'un chapiteau, ce dernier étant formé par le cône primitif qui occupe le sommet de la coupole (Pl. VIII, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35). Mais il n'en est pas toujours ainsi; et assez fréquemment la tigelle se termine inférieurement par une portion rétrécie et conique dont le sommet inférieur semble libre ou vient adhérer à la membrane vésiculaire (Pl. VIII, 24, 46, 47), ou même fait saillie hors de l'orifice vésiculaire (Pl. VIII, 39, 41, 42, 45, 48), ce que nous expliquerons ultérieurement.

Très fréquemment alors, la tigelle s'épaissit dans la partie centrale

correspondant au fût, et prend la forme d'un fuseau dont les deux extrémités pointues vont adhérer à la base et au chapiteau (Pl. VIII, 38, 49, 51, 52, 56).

Quant à sa structure, elle peut varier. Le chapiteau renferme très généralement quelques grains de substance chromophile, et laisse rarement distinguer une cavité. Il est très souvent irrégulier et inégal. Quant au fût, il peut être uniquement composé de parois claires, difficiles à distinguer, peu marquées, et indiquant plutôt une tendance à l'organisation qu'une organisation bien déterminée. Les colorants nucléaires n'agissent que sur les grains du chapiteau, le reste de la colonne restant incolore et transparent (Pl. VIII, 24). Dans ces cas-là les colorants du protoplasme, (vésuvine, brun bismark, éosine), colorent la colonne et permettent d'en mieux saisir les limites.

Mais dans bien des cas les parois de la tigelle et de la base se distinguent nettement, et l'on peut constater qu'il s'agit là d'un feutrage très délicat dans les mailles duquel sont contenues des granulations chromophiles. Dans le fût ces granulations sont extrêmement fines, et constituent comme une poussière colorée qui est tantôt disséminée dans l'épaisseur des parois du tube, tantôt disposée à sa face externe, tantôt sur la face interne de la paroi (Pl. VIII, 28, 29, 30, 41, 42). Dans bien des cas ces distinctions de lieu sont impossibles; mais quand les parois du tube sont épaisses, on peut réellement préciser le lieu où s'est fait le dépôt chromophile.

A la base de la colonne ce dépôt peut prendre un autre caractère, et se composer d'un cercle de gros grains chromophiles distinct du bourrelet inférieur de l'orifice de la vésicule (Pl. VIII, 32, 34, 35). Ajoutons que dans beaucoup de cas, et quoique la tigelle ait acquis un diamètre important, il est impossible d'y distinguer une cavité et des parois, et que l'on n'y peut reconnaître qu'une masse feutrée dont les mailles renferment une poussière de grains chromophiles (Pl. VIII, 45, 46, 48, 49, 51, 52, 54, 55, 56). Ces cas sont réellement très fréquents; et de l'examen que j'ai fait d'un très grand nombre de formes, je crois pouvoir conclure que la

constatation d'une cavité bien évidente et bien délimitée dans la tigelle est un cas relativement bien moins fréquent que le cas contraire. La tigelle est donc généralement constituée par un feutrage de substance achromatique renfermant une poussière plus ou moins abondante de granules chromophiles.

La masse feutrée reste généralement compacte, mais peut se creuser d'une cavité plus ou moins bien délimitée.

Quant à l'origine de la tigelle et à son mode de formation, tout ce que j'ai observé vient confirmer pleinement tout ce que j'en ai déjà dit à propos d'*Astacus* et des Pagurides. La tigelle du Homard résulte comme dans les cas précédents du feutrage du réticulum du contenu vésiculaire, et du dépôt ou précipitation de la substance chromophile de ce même contenu. Elle représente sur l'axe de la vésicule ce qu'est sur ses parois le dépôt qui constitue la coupole et qui tapisse aussi les parois du cylindre vésiculaire.

Ce feutrage et ce dépôt chromophile commencent au sommet de la coupole par la petite éminence irrégulière que j'ai déjà décrite et qui formera le chapiteau. Puis de ce point supérieur la formation s'étend progressivement vers la partie inférieure. La fig. Pl. VIII, 10 représente une vésicule dans laquelle le cône initial est déjà formé, et où l'on voit des stries rayonnantes indiquées par de très fins granules colorés, qui viennent converger vers le sommet du cone. Il y a là l'indication d'une tendance centripète qui domine dans le diamètre vertical de la vésicule, et qui peut aider à concevoir non seulement la formation d'une condensation centrale constituant la tigelle, mais encore l'allongement et le rétrécissement sous forme cylindrique de la vésicule. Les spermatozoïdes complètement développés (Pl. VIII, 29 et 42) présentaient aussi dans la cavité de la cloche des traînées convergentes semblables formées également de granules chromophiles et qui me paraissent se rattacher au même processus. Dans les fig. Pl, VIII, 11 et 17, l'extrémité irrégulière et déchiquetée du cône de début révèle pour ainsi dire la formation progressive de la tigelle par voie d'apports successifs.

Mais j'ai rencontré dans ma longue série d'observations un cer-

tain nombre de cas qui me semblent ne laisser aucun doute sur le processus de formation de la tigelle, par voie de concentration d'éléments répandus dans tout le contenu de la vésicule.

J'appelle l'attention du lecteur sur la fig. Pl. VIII, 4 représentant un spermatozoïde mûr que j'ai observé avec le plus grand soin, et dans lequel la tigelle était représentée par le cône initial renfermant quelques grains chromophiles et par une sorte d'arborisation formée par des rameaux incolores sur le trajet desquels se trouvaient des grains chromophiles renfermés évidemment dans leur intérieur. Cette arborisation occupait toute l'étendue du cylindre et était composée d'un tronc central correspondant à l'axe du cylindre et de branches nées à des distances assez régulières et qui s'étendaient horizontalement jusqu'aux zones extérieures du cylindre. Ces branches se subdivisaient parfois, et paraissaient le point de départ d'arborisations si délicates qu'elles échappaient bientôt à l'œil de l'observateur. Cette disposition m'a paru correspondre à une condensation centrale encore imparfaite du réseau et des éléments chromophiles de la vésicule, et tenir certainement lieu de la tigelle absente. Ce cas représentait en somme très nettement les éléments de la tigelle qui n'avaient pu parvenir à la concentration régulière et complète, et qui étaient restés dans un état intermédiaire entre la diffusion et la condensation.

La fig. Pl. VIII, 44 représente un cas semblable, mais où la concentration avait atteint un degré de plus, et où l'abondance des grains chromophiles donnait au phénomène un caractère plus frappant. Au cône initial succède une arborescence abiétiforme à branches horizontales courtes et épaisses se succédant assez régulièrement et renfermant dans leur épaisseur, outre une poussière très fine, des grains chromophiles d'une belle grosseur. Les branches épaisses et mal circonscrites semblaient formées par un feutrage délicat et assez serré. Ce cas me paraît représenter le cas précédent dans lequel le réseau délicat se serait déjà condensé autour des branches primordiales. Ici les rameaux étaient plus courts, et le mouvement centripète vers l'axe paraissait avoir été plus accentué.

Enfin la fig. Pl. VIII, 47 représente une conformation très élégante et très régulière, qui se rattache par bien des points aux deux formes que je viens de décrire.

Dans ce cas, la tigelle existait suspendue au cône initial qui renfermait son amas de grains chromophiles. La tigelle, très peu colorée, très transparente, ne permettant pas de reconnaître une cavité et des parois, s'effilant rapidement vers l'extrémité inférieure, semblait formée par un feutrage très délicat englobant une poussière très fine de grains chromophiles. Mais tout autour d'elle et à des intervalles réguliers se trouvaient quatre couronnes renfermant un petit nombre de gros grains chromophiles, et dont la quatrième avait un diamètre légèrement inférieur à celui des trois autres. Ces couronnes auxquelles il faut joindre les couronnes déjà décrites sur la base de la colonne (Pl. VIII, 28, 30, 32, 34, 35) correspondent, me semble-t-il, aux branches des arborisations précédentes, mais raccourcies, condensées, chaque verticille s'étant ainsi transformé en couronne.

Les dispositions qui précèdent manifestent nettement la tendance de la substance chromophile à se condenser en zones successives régulières et en anneaux superposés, qui nous rappelle forcément cette disposition déjà remarquée pour les dépôts faits sur la membrane de la vésicule et qui affectent si souvent la forme d'anneaux superposés. Il y a là une tendance commune qui vient confirmer singulièrement cette idée émise par moi, que les dépôts centrifuges qui constituent la cloche et les anneaux chromophiles du cylindre sont de même ordre, de même nature et de même origine que les dépôts centripètes qui constituent le cône initial et la tigelle. A la coupole correspond le cône, et au cylindre correspondent le fût et la base de la colonne. Mais les uns et les autres sont le résultat de la condensation et du dépôt du réticulum et de la substance chromophile que renferme le contenu de la vésicule.

Il est enfin une forme de la tigelle que je n'ai observée qu'une fois. Elle est représentée Pl. VIII, 31. Dans ce cas la tigelle paraissait composée d'une tige et d'un manchon qui se terminait en bas assez brusquement. Je n'ai pu m'assurer si cette apparence ne

correspondait pas à une cavité entourée de parois épaisses, formées par un tissu délicat, assez transparent pour ressembler à un manchon et s'amincissant d'une manière brusque. Je suis assez disposé à accepter cette dernière interprétation.

Nous avons vu que chez *Astacus* la rétraction du contenu de la vésicule qui aboutit à la formation de la tigelle, paraît aussi avoir pour résultat de produire certaines conformations de la coupole et notamment l'invagination de son sommet et le retournement interne de ses bords. Chez le Homard, nous observons des phénomènes de même ordre.

La fig. Pl. VIII, 25 représente un cas remarquable de dépression et d'invagination du sommet de la coupole exactement comparable à ceux que l'on observe très généralement dans une des deux formes de spermatozoïdes d'*Astacus*. En outre, le retournement des bords de la coupole est très prononcé, si bien que le cylindre a pénétré très profondément dans l'intérieur de celle-ci. La fig. Pl. VIII, 6 nous montre une coupole très surbaissée et ayant les bords fortement retournés comme dans le cas précédent. On voit en outre, dans les deux cas, des tractus délicats reliant les bords de la coupole au sommet de celle-ci, comme chez *Astacus*. Ces tractus se voient également bien fig. Pl. VIII, 8. On conçoit combien la rétraction de ces tractus, formés par le feutrage du réseau de la vésicule, est propre à produire les déformations décrites ; et on peut constater que la coupole Pl. VIII, 25, dont le sommet s'est invaginé, est de structure très faible, n'étant constituée que par de fins granules chromophiles isolés, et non par un crépissage solide et continu. La constitution dense et résistante des coupoles dans les cas différents de ceux-ci, s'est opposée probablement à cette dépression centrale aussi bien chez le Homard, que chez l'Écrevisse ; mais la dépression a pu se produire de bonne heure dans des coupoles où le crépissage s'est plus tard accentué (Pl. VIII, 34, 35).

Enfin, le retournement des bords de la coupole et la pénétration du cylindre m'ont paru se présenter surtout dans les cas où la tigelle centrale était faible, mince et courte, et faisait même défaut ; ce qui pourrait tenir soit à la pauvreté du réseau intra-vésiculaire,

soit à ce que la rétraction s'est faite non dans l'axe même et au centre de la vésicule, mais sur des parties voisines de la périphérie, et dans une zone reliant les bords supérieurs du cylindre au fond de la coupole (Pl. VIII, 6, 8, 25).

Il est intéressant de noter que, dans ces cas de retournement des bords de la coupole, l'anneau protoplasmique et la base des prolongements qui en naissent, pénètrent dans l'angle rentrant formé entre la coupole et le cylindre, et témoignent par cette situation nouvelle d'une traction qui a agi sur eux et les a engagés dans ce sillon étroit et resserré (Pl. VIII, 6, 8, 25).

Mais quelle que soit l'interprétation que l'on accepte, ces faits ne me paraissent pas moins établir qu'il existe dans le contenu de la vésicule un travail de concentration, de rétraction et de condensation qui explique la plupart des transformations de cette vésicule.

§ 4. — Modifications du protoplasme, du noyau et de l'enveloppe du deutospermoblaste.

Pour ce qui regarde le protoplasme de la cellule primitive, il me suffira de dire en peu de mots qu'il subit exactement les mêmes modifications que chez les Pagurides. Il se réduit à un anneau situé sur la zone de séparation de la coupole et du cylindre, et fournit là trois longs prolongements assez épais à leur base, mais qui s'amincissent progressivement (Pl. VIII, 7. 9).

Cet anneau protoplasmique et les rudiments des prolongements se voient bien dans la fig. Pl. VIII, 3, dans un spermatozoïde encore jeune. Il est situé au niveau du plan de contact du noyau et de la vésicule. Mais la vésicule pénétrera ultérieurement dans le noyau devenu concave, et les prolongements se trouveront alors au niveau du bord inférieur de la coupole.

Les prolongements protoplasmiques existent très généralement chez le Homard.

Quant au noyau, sa destinée est extrêmement évidente chez le Homard, et l'on peut choisir cet animal pour démontrer d'une manière irréfutable la proposition que je soutiens ici, que dans le

spermatozoïde des Crustacés décapodes le noyau de la cellule n'est pas destiné à former la tête, mais à s'atrophier et à disparaître.

Le noyau dans lequel la nucléine se présente tantôt à l'état dissous ou diffus (Pl. VIII, 3, 11), tantôt à l'état granuleux (Pl. VIII, 12, 13), se déforme sous l'influence de la pression que la vésicule croissante exerce sur lui. La face qui est en contact avec la vésicule s'aplatit d'abord, puis devient concave, la vésicule ou la coupole pénétrant plus ou moins en lui (Pl. VIII, 10). Mais à mesure que la coupole et le cylindre se forment, et que les dépôts chromophiles se font dans ceux-ci, à mesure aussi le noyau s'atrophie. Il diminue de volume et s'aplatit. Sa nucléine diminue progressivement, et se réduit d'abord à quelques grains épars et rares (Pl. VIII, 4, 16, 17, 18, 19, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 40, 44, 45, 49, 51, 52, 54, 56). Ces restes de noyau extrêmement réduits peuvent subsister, mais dans beaucoup de cas les grains de nucléine disparaissent entièrement, et il ne reste au-dessus de la coupole qu'une petite masse de protoplasme incolore plus ou moins granuleux (Pl. VIII, 5, 34, 38, 41, 43). Et enfin dans beaucoup de cas, et peut-être même les plus nombreux, ce rudiment protoplasmique disparaît lui-même, et rien ne recouvre la convexité de la coupole que la membrane de la cellule, qui lui est si adhérente qu'il est plus facile de la supposer que de la distinguer (Pl. VIII, 6, 7, 8, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 39, 42, 46, 47, 48).

L'enveloppe de la cellule, en effet, que l'on distingue bien au voisinage du noyau même dans des phases avancées de la vésicule (Pl. VIII, 12, 13), s'applique plus tard très exactement à la surface du noyau et de la vésicule, si bien qu'il est très difficile de la reconnaître et de la distinguer. Il faut qu'une circonstance spéciale vienne produire le clivage de ces deux membranes pour les rendre distinctes; et ce clivage ne se produit jamais au niveau du noyau, ni même au niveau de la coupole, mais seulement dans une étendue très variable du cylindre, puisqu'elle peut comprendre le cylindre tout entier ou une portion seulement de son étendue. Mais il est à remarquer que, quand il y a clivage et séparation des deux

membranes, la portion inférieure du cylindre, c'est-à-dire sa base inférieure, y participe toujours. Le clivage peut de là s'étendre à divers niveaux et jusqu'aux bords de la coupole, et former ces manchons hyalins que j'ai déjà décrits chez les Pagurides (Pl. VIII, 38, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56).

Ces cas-là sont exactement comparables à ceux que nous avons déjà analysés pour *Pagurus striatus* et *Diogenes varians* ; et ils sont susceptibles de la même explication, c'est-à-dire la production en excès du liquide hyalin de la vésicule après la formation des dépôts feutrés et chromophiles des parois et de la tigelle. Ce liquide, qui provoque peut-être la rupture et l'ouverture inférieure de la vésicule ou du cylindre, soulève alors la membrane cellulaire et la sépare des parois du cylindre.

On comprend que cette séparation puisse atteindre des hauteurs différentes suivant la quantité du liquide épanché, mais suivant surtout l'étendue et le degré de l'adhérence des deux membranes. Cette étendue doit varier elle-même suivant les spermatozoïdes, et être moindre chez les spermatozoïdes plus jeunes. Mais il est naturel de penser que la zone de protoplasme et les prolongements qui en naissent imposent une limite à cette séparation des membranes qui restent toujours unies jusque-là, c'est-à-dire jusqu'à la zone de séparation de la coupole et du cylindre. La zone d'adhérence des deux membranes pourra donc s'étendre depuis l'anneau protoplasmique jusqu'aux bords inférieurs du cylindre, et très probablement sera d'autant plus étendue que le cylindre se sera ouvert et aura épanché son liquide à une période moins avancée du développement. J'ai donné des figures qui représentent tous ces degrés, depuis la fig. Pl. VIII, 42 où l'anneau des deux membranes correspond à l'anneau inférieur du cylindre, jusqu'aux fig. Pl. VIII, 38, 43, 49, 51, 54, 55, où la séparation s'étend jusqu'au cercle protoplasmique. Les fig. Pl. VIII, 39, 41, 48, 52, 53, 56, représentent des termes intermédiaires entre ces formes extrêmes.

Ces vésicules ainsi formées présentent quelques particularités dignes de remarque. Il faut noter d'abord qu'au niveau de

l'adhérence des deux vésicules il existe presque toujours un bourrelet volumineux de grains chromophiles qui font saillie en dehors du cylindre. C'est là d'ailleurs l'origine du bourrelet supérieur que nous avons décrit vers l'extrémité inférieure du cylindre, et qui forme le cercle de la grande base du cône terminal. Aussi ce grand bourrelet varie-t-il de hauteur, et peut même se confondre avec le bourrelet inférieur (Pl. VIII, **42**). De là résultent des variations dans la longueur du cône terminal inférieur du cylindre (Pl. VIII, **39**, **41**, **45**, **46**, **47**, **52**, **56**). Et l'on peut même dire que, dans les cas où la séparation des deux membranes atteint l'anneau de protoplasme, le cylindre est tout entier le représentant du cône inférieur; ou, si l'on veut, le cône inférieur n'a pas lieu de se produire comme conformation spéciale; et cette disposition n'existe pas en effet (Pl. VIII, **38**, **4** , **49**, **51**, **53**, **54**, **55**). Elle n'existe pas non plus lorsque les deux membres ne se séparent qu'au niveau du cercle inférieur du cylindre ((Pl. VIII. **42**)). Dans ce cas les deux bourrelets sont confondus en un seul.

Mais un point plus intéressant de la conformation de la membrane cellulaire distendue, ce sont ses relations avec la tigelle.

Il s'est produit ici un fait identique à celui que nous avons observé chez *Pagurus striatus*, *Diogènes varians*, etc., mais qui est encore plus accentué. La tigelle qui occupait l'axe tout entier de la vésicule (coupole et cylindre), a contracté par son extrémité inférieure adhérence avec la membrane de la cellule. Il en est résulté, que quand cette membrane a été distendue par le liquide, et s'est éloignée de l'orifice inférieur du cylindre, elle a exercé sur la tigelle une traction qui a eu pour résultat d'étirer son extrémité inférieure, et de la faire saillir hors du cylindre. Mais d'autre part la résistance opposée par la tigelle à la distension de la membrane cellulaire a eu pour résultat de produire sur le centre de celle-ci un *ombilic* très prononcé et très élégant ouvert vers l'extérieur. Cet ombilic d'abord très peu prononcé (Pl. VIII, **42**), quand la membrane est peu distendue, s'accentue et devient plus profond à mesure que le liquide augmente et que la membrane se gonfle et s'éloigne (Pl. VIII, **38**, **39**, **41**, **51**, **52**, **53**, **54**, **55**, **56**).

Cet entonnoir ou ombilic a ceci de remarquable que ses parois sont comme poudrées par une fine poussière de granulations chromophiles que l'hématoxyline et le carmin aluné colorent bien, et qui rendent l'ombilic bien apparent quoique moins coloré que la tigelle. Il faut remarquer d'ailleurs, que le reste de la membrane cellulaire distendue possède elle-même un nombre relativement important, mais variable de grains chromophiles qui servent beaucoup pour la rendre très évidente. Ces grains sont quelquefois assez gros, et ne sont pas sans relation avec ceux qui s'accumulent sur l'anneau d'adhérence de la membrane cellulaire et du cylindre pour former le bourrelet supérieur du cône terminal.

Telles sont les modifications principales que présentent les diverses portions de la cellule dans sa transformation en spermatozoïde. Pour achever de rendre compte de mes observations je dois signaler encore quelques modifications plus ou moins fréquentes.

C'est ainsi que dans bien des cas les spermatozoïdes deviennent assez rétrécis dans leur diamètre et prennent la forme d'un bâton terminé par deux extrémités élargies, la coupole d'une part, le bourrelet inférieur de l'autre (Pl. VIII, 40). La tigelle se compose dans ces cas du cône initial à grains chromophiles et d'une fine tige à poussière chromophile, se terminant inférieurement par un petit cône à sommet supérieur.

Dans certaines préparations bon nombre de spermatozoïdes ayant perdu la membrane du cylindre n'étaient constitués que par une coupole surmontée parfois d'un rudiment du noyau, par des prolongements protoplasmiques et par la tigelle (Pl. VIII, 29, 32, 33).

Enfin dans certaines préparations les spermatozoïdes les plus nombreux avaient encore des parties plus réduites, puisqu'ils ne comprenaient que la coupole et le rudiment du noyau, le cône initial de la tigelle, et les prolongements protoplasmiques (Pl. VIII, 36, 37). Le cylindre, la tigelle proprement dite, et la partie correspondante de la membrane cellulaire avaient complètement disparu. Comme ces spermatozoïdes réduits étaient très nombreux,

et même de beaucoup les plus nombreux, il est peut-être permis d'en déduire que le cylindre et la tigelle sont dans le spermatozoïde des parties d'importance secondaire, tandis que la coupole, le cône initial de la tigelle et les prolongements protoplasmiques en constituent les éléments importants.

Si, jetant un coup d'œil d'ensemble sur la spermatogenèse du Homard, nous nous demandons quelle est parmi les formes déjà étudiées celle qui présente avec le Homard le plus de points de ressemblance, nous ne saurions hésiter. C'est avec les Pagurides que les points de contact sont réellement les plus évidents, et avec *Pagurus striatus* en particulier.

La forme de la tête en coupole, la formation d'anneaux chromophiles multiples, la forme allongée et la constitution de la tigelle, la distension de la membrane cellulaire, la formation d'un ombilic, le nombre des rayons, la disparition presque complète ou même complète du noyau, se trouvent dans les deux cas, avec des traits de ressemblance frappants. Et l'on peut dire qu'au point de vue de la spermatogenèse il y a certainement plus d'affinité entre le Homard et les Pagurides qu'entre le Homard et l'Écrevisse.

Je crois devoir faire remarquer, en terminant cette étude de la spermatogenèse du Homard, qu'elle offre les mêmes traits essentiels que dans les types précédents.

1° Formation dans le protoplasme d'une vésicule à contenu finement granuleux et légèrement chromophile.

2° Formation de la tête par la production et le dépôt de substances réfringentes chromophiles sur les parois de la portion de cette vésicule voisine du noyau.

3° Formation de la tigelle par la condensation centrale du réticulum et d'une partie de la substance chromophile du contenu de la vésicule.

4° Tendance du noyau à s'altérer, à perdre sa nucléine, à s'effacer et à disparaître.

5° Diminution du protoplasme, dont il ne reste qu'un anneau faible d'où naissent les prolongements protoplasmiques.

6° Et par conséquent formation de la tête du spermatozoïde par une vésicule née dans le cytoplasme en dehors du noyau.

§ 5. — Exposé et critique des travaux antérieurs.

Grobben a peu insisté sur la spermatogenèse du Homard. Dans l'unique figure qu'il lui consacre, il donne à ce spermatozoïde la même orientation que pour les Pagurides, mais une orientation inverse de celle qu'il a donnée pour l'Ecrevisse. Ce qu'il en dit se borne à ceci : Les spermatozoïdes du Homard sont cylindriques. Dans la partie centrale peu réfringente court une traînée plus foncée (notre tigelle) qui part de la paroi du cylindre au pôle apical (qui pour moi est le pôle inférieur), et qui en s'amincissant va se continuer par un cône clair (le cône initial *mihi*). Le corps cylindrique et la traînée centrale se colorent fortement par le carmin, et appartiennent par conséquent à la tête du spermatozoïde qui possède encore une membrane d'enveloppe se soulevant sur les spermatozoïdes gonflés. A l'extrémité inférieure du corps cylindrique est appliquée une petite éminence qui paraît formée de protoplasme granuleux et qui est l'*appendice médian*. De la région de contact de ces deux parties du spermatozoïde naissent sous des angles égaux trois rayons qui sont ou horizontaux ou obliques vers le bas.

On voit que Grobben a considéré le cylindre comme formant la tête du spermatozoïde, à l'exclusion du noyau, qui devient une simple masse de protoplasme granuleux qu'il désigne comme *appendice médian*. En cela il a eu raison, mais il n'a pas distingué la coupole du cylindre, et n'a pas reconnu que la coupole était la partie la plus riche en chromatine et semblait former plus spécialement la tête. Il a bien vu la tigelle et le cône initial, mais il n'a pas vu les grains chromophiles que ce dernier renferme très ordinairement. Il a bien vu les trois rayons, mais il les place sur la zone de contact de l'appendice médian et du cylindre. Cette erreur vient de ce que Grobben n'a pas distingué la coupole de l'appendice médian. La figure unique qu'il donne des spermato-

zoïdes de Homard ne suffit pas pour une analyse complète de ces formes, qui sont bien plus complexes que ne l'a vu Grobben.

Hermann, dans sa note déjà citée de 1883 [1], a dit un mot du Homard à propos des Macroures, mais comme il est revenu longuement sur ce sujet dans deux importants travaux ultérieurs, je crois devoir examiner ses vues à propos de ces dernières publications, et, pour rester fidèle à l'ordre chronologique, parler d'abord des observations de Gilson.

Gilson donne au spermatozoïde du Homard une orientation inverse de celle que je lui donne. Il a remarqué comme moi que la vésicule résulte souvent de la fusion de plusieurs vacuoles primitives. Il a remarqué aussi qu'à côté des spermatozoïdes à *tube allongé*, il y en a de très courts. Mais il considère ces derniers comme *légèrement anormaux*, ce que je ne crois pas, car ces spermatozoïdes courts sont très fréquents. C'est une seconde forme normale.

La perforation apicale (pour nous inférieure) de la vésicule se produit toujours. D'abord étroite, elle s'élargit et finit toujours par atteindre le diamètre du tube. Le tronc de cône terminal du cylindre s'effacerait donc toujours, ce qui ne me paraît pas admissible, car on le rencontre fréquemment dans des spermatozoïdes arrivés à la maturité complète.

Gilson n'a pas distingué les anneaux ou bourrelets multiples et d'importance variable, qui se forment sur le cylindre à différentes hauteurs, et notamment au point de séparation de la membrane cellulaire et de la membrane du cylindre. Il parle seulement d'un léger épaississement de la paroi vésiculaire qui *apparaît parfois* à l'endroit où doit se produire l'ouverture. Il ne me paraît pas avoir vu clairement non plus les relations du tronc de cône terminal du cylindre avec le point où commence le clivage des deux membranes. Ce tronc de cône, en effet, n'est pas seulement, comme le pense Gilson, la portion épaissie qui formait la voûte de la capsule hya-

[1] Hermann ; Comptes rendus de l'Inst., 1883.

line (cylindre hyalin), mais c'est une portion variable des parois latérales de ce cylindre (Pl. VIII, 52).

Gilson pense que le tube hyalin ou cylindre reste court quand l'ouverture apicale de la vésicule est précoce, et qu'il est long dans le cas contraire. Cette opinion me paraît rationnelle, quoique non tout à fait démontrée.

Gilson a remarqué, comme moi plus tard, que la formation d'une vésicule secondaire (distension de la paroi cellulaire) était très fréquente chez le Homard, et que le clivage des deux membres pouvait s'étendre jusqu'à la base du cylindre qui repose (pour lui) sur le noyau. Mais il fait observer avec raison, que ce dernier cas ne se produit que quand le tube hyalin est resté court, c'est-à-dire quand sa perforation apicale a été précoce. J'ai moi-même, après Gilson, émis une opinion à peu près semblable, en faisant remarquer que le niveau du cercle de clivage pourrait bien varier avec la date relative de la perforation.

Quant à la tigelle, Gilson a remarqué avec raison qu'elle apparaissait au centre de la face inférieure de la vacuole (pour moi sommet de la *coupole*), et que, *très surbaissée* à ses débuts, elle s'effilait plus tard et, prenant la forme d'un fuseau, se pédiculisait. Il dit qu'on rencontre aussi des spermatozoïdes apparemment achevés, dans lesquels la tigelle s'effile davantage et se continue comme *une strie extrêmement fine*, jusqu'à l'extrémité du tube hyalin. Il a remarqué que, dans ces cas, la coloration du contenu du tube par le brun bismark est plus intense, ce qui semblerait indiquer que ce contenu est plus dense. Je reviendrai plus tard sur cette observation. Je fais seulement remarquer que Gilson n'a pas observé les formes tubulaires si remarquables de la tigelle, ni ses grains chromophiles, ni ses anneaux.

Gilson a vu les trois prolongements protoplasmiques, et dit qu'ils s'insèrent au bord de la *capsule qui dérive du noyau*. Cette dernière assertion, qui est entièrement erronée au point de vue morphologique, mais qui est vraie topographiquement, vient de ce que Gilson conserve pour le Homard l'opinion tout à fait

inexacte qu'il a sur le rôle du noyau dans la spermatogenèse des Crustacés décapodes.

Pour lui, le noyau prend d'abord la forme discoïde, puis celle d'une lentille concavo-convexe, et enfin celle d'une capsule profonde à bords rentrants. Ce noyau s'amincirait en se creusant, comme le fait une plaque métallique sous l'action du marteau.

On voit que Gilson croit que la coupole est formée par le noyau, qu'il ne s'est pas aperçu de l'altération et de la disparition progressive du noyau, non plus que du dépôt chromophile en crépissage opéré sur la partie supérieure de la vésicule pour former la coupole. Inadmissible est donc l'opinion de Gilson à ce sujet ; mais non moins inadmissible est l'explication qu'il en donne. Pour lui, en effet, la pression interne de la vésicule s'exerçant sur la face interne du noyau jouerait probablement un rôle dans ce phénomène de voussure de noyau, L'assertion est piquante pour quiconque a observé tout ce qu'a de délicat et de peu résistant la membrane vésiculaire.

Aussi Gilson ne peut-il s'empêcher de dire que pour admettre cette hypothèse il faut attribuer nécessairement aux parois de la vésicule une ***résistance considérable***. A quoi on pourrait ajouter :... résistance qu'elles n'ont certainement pas.

Le noyau, dit Gilson, prend de bonne heure une apparence homogène et une coloration intense uniforme.

C'est là une observation dont je reconnais la justesse dans bon nombre de cas.

Si Gilson ne s'est pas, à mon avis, suffisamment arrêté sur les structures si remarquables et si frappantes des spermatozoïdes du Homard, Hermann leur a au contraire prêté une attention qui demande à ce que j'analyse et discute longuement ses résultats.

Dans sa première note[1], déjà citée, Hermann dit que chez les Macroures la vésicule céphalique s'allonge d'une façon notable ainsi que la colonne centrale, mais qu'***au lieu de s'enfoncer*** dans le

[1] Hermann ; Comptes rendus de l'Inst., 1883.

noyau, elle y reste simplement contiguë par sa portion basilaire; c'est donc exactement le contraire de ce qu'avance Gilson. Au point de contact existe un *collier* d'une substance opaque et homogène, pour lequel il n'a pu déterminer s'il dérive du reste du corps cellulaire ou si c'est une formation spéciale dépendant de la vésicule céphalique. Ce collier, d'abord annulaire, devient bientôt une plaque triangulaire dont les angles s'étirent et forment trois prolongements effilés et rigides. Ces phénomènes sont constants, dit-il, mais la forme définitive de la vésicule céphalique varie beaucoup suivant les espèces : dans le Homard, elle constitue un manchon cylindrique autour d'un axe central en forme de colonne creuse (la tigelle). Cette colonne centrale est formée par la rencontre de deux saillies qui naissent et s'élèvent peu à peu des deux pôles opposés de la vésicule, le pôle postérieur voisin du noyau, et le pôle antérieur le plus éloigné du noyau. Cette colonne se termine de chaque côté par une sorte de goulot ouvert à l'extérieur, et semble alors formée par *invagination* de la paroi vésiculaire. Elle reste creuse en tout ou en partie.

Dans une communication au Congrès de Copenhague de 1884[1] Hermann est revenu sur ce sujet et l'a présenté avec plus de détails. Enfin dans un mémoire publié très récemment dans le *Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*[2], Hermann a encore complété plutôt que modifié, l'exposé de ses recherches sur le Homard, et d'autres Crustacés. Ces deux derniers mémoires accompagnés de dessins vont servir de thème à notre analyse et à nos observations.

Je me trouve si souvent en désaccord avec Hermann à propos de la description et du processus de développement des spermatozoïdes du Homard, que je dois donner à mon examen critique une certaine étendue.

[1] G. Hermann ; Observations sur la morphologie et le développement des spermatozoïdes principalement chez les Crustacés. Congrès international périodique des Sciences médicales, 8e session, 1884. (Compte rendu des travaux de la section d'anatomie publié sous la direction de C. Lang, secrétaire général).

[2] *Id.* ; Notes sur la structure et le développement des spermatozoïdes chez les Décapodes (*Bull. scient. de la France et de la Belgique*, tom. XXII, 1890.

Pour éviter les confusions, il convient de rappeler qu'Hermann oriente le spermatozoïde dans un sens inverse de l'orientation que je lui ai donnée. Pour lui le pôle antérieur ou supérieur correspond à ce que j'appelle le pôle inférieur, et réciproquement. Pour lui, le noyau est au pôle postérieur. Pour moi, il est au pôle antérieur.

Ceci dit, passons à l'examen des assertions d'Hermann.

Pour ce qui regarde la vésicule, Hermann reconnaît qu'elle s'allonge dans le sens vertical, ce qui est juste, et qu'elle ne s'enfonce pas dans la masse protoplasmique du noyau sous-jacent, mais reste seulement en contact avec lui par son pôle inférieur. Cette dernière proposition est vraie quand on la considère au point de vue général, mais elle devient inexacte lorsqu'on la considère au point de vue spécial où se place Hermann. Elle signifie alors en effet que la vésicule s'arrête au niveau du plan de séparation du cylindre et de la coupole, car il faut ajouter qu'Hermann considère la coupole comme une sphère massive qui n'est autre chose que le noyau : «Le noyau, dit-il, ne change ni de forme ni de position, et subit simplement une *certaine diminution* de volume »; et dans ses dessins, dont j'ai donné quelques reproductions pour l'intelligence de ces critiques (Pl. VII, 192, 193), la coupole est toujours représentée comme massive et non creusée d'une cavité continue avec celle du cylindre. Elle est en outre désignée comme *noyau*, Hermann a donc méconnu la constitution creuse de la coupole et sa dépendance directe, sa dérivation directe de la vésicule. Il a méconnu entièrement aussi que l'avidité de la coupole pour les colorants nucléaires était due au dépôt chromophile en crépissage qui en tapisse les parois, et qui provient du contenu de la vésicule.

En outre, il a cru à tort que le noyau conservait à peu près sa forme et sa masse sphérique, et n'a pas constaté ses altérations et son atrophie si prononcées, qu'on ne le reconnaît qu'après avoir suivi ses phases successives de dégénérescence. Il est impossible qu'Hermann n'ait pas aperçu ces restes très imparfaits du noyau; mais il les a probablement considérés comme des dispositions négligeables et sans signification. Pour ce qui regarde la *tigelle*, qu'il désigne sous le nom de *colonne*, Hermann n'est pas davantage

dans le vrai, soit quant à sa description, soit quant à son mode de genèse.

Il la représente comme cylindrique, ce qui n'est pas toujours exact, car elle est le plus souvent conique ou fusiforme ; et il avance qu'elle est très colorée par le carmin à sa partie moyenne, à l'exception des deux renflements terminaux qui sont réfringents et *incolores*. «Supérieurement, dit-il, elle se termine par un goulot évasé en entonnoir que bordent deux épaississements annulaires superposés dont la substance homogène et réfringente *n'a pas d'affinité* (!) pour les réactifs colorants. » Je me borne à opposer à cet observation les nombreux essais de coloration faits par moi, avec des colorants très divers. Le résultat le plus général en est que le fût de la colonne se colore modérément tandis que les deux extrémités évasées et particulièrement les deux bourrelets inférieurs (supérieurs d'Hermann), quand ils existent, sont surtout formés de grains réfringents et très chromophiles (Pl. VIII, **28**, **29**, **30**, **32**, **34**, **35**, **41**, **42**, **44**, **45**, **46**, **47**). Mais ce contre quoi je m'élève absolument, c'est l'affirmation que la colonne se termine inférieurement (supérieurement pour moi) par une extrémité très évasée ou goulot dont l'orifice circulaire va adhérer à la circonférence supérieure du cylindre. La colonne ne pénétrerait donc pas dans la coupole, et s'arrêterait au niveau de la zone des prolongements ou collier. C'est là pour moi une proposition entièrement inexacte ; car je n'ai jamais rien vu de semblable ; et j'ai toujours, avec Gilson, vu la tigelle ou colonne atteindre le sommet de la coupole. Mais Hermann, ayant considéré la coupole comme un noyau massif, n'a pu admettre que la colonne occupât son centre et se poursuivit jusqu'au sommet, ce qui est pourtant le cas absolument général, et auquel je n'ai rencontré aucune exception. La notion inexacte de la coupole considérée comme noyau a entraîné la notion inexacte de la terminaison supérieure de la colonne ou tigelle.

Quant à l'origine de la colonne ou tigelle, Hermann, nous l'avons vu, la fait provenir de la coalescence d'un *amas de chromatine* paraissant au pôle antérieur ou supérieur de la vésicule et du bâtonnet incolore provenant du pôle postérieur ou inférieur.

Ici encore je considère l'opinion d'Hermann comme n'étant pas la représentation exacte des faits. Ce qu'il appelle le bâtonnet n'est qu'une partie amincie de la colonne, dont l'origine se présente dans la cavité de la coupole sous la forme du cône initial riche en grains de chromatine. Ce bâtonnet, qui n'est certes pas toujours achromatique, n'est donc que la tigelle elle même qui se renfle souvent en fuseau, en bouteille, ainsi que le représente Hermann dans la fig. 3 de sa Pl. IV[1], que j'ai reproduite Pl. VII, 192 ; et quant à ce qu'il appelle amas chromatique, il m'est impossible de ne pas y voir l'*ombilic* en entonnoir formé par la distension de la membrane de la cellule, qu'Hermann n'a jamais distinguée dans ses explications de la membrane de la vésicule. Il m'est impossible en effet de ne pas considérer la fig. 3, Pl. IV d'Hermann (Pl. VII, 192), comme correspondant aux fig. Pl. VIII, 38, 53, 54, 55 du présent mémoire. Hermann a évidemment ici pris la membrane cellulaire distendue et formant une vésicule hyaline sphérique, pour la paroi vésiculaire, qui à cette période du développement est toujours cylindrique et non sphérique. Je n'ai en effet jamais rencontré des figures semblables représentant des spermatozoïdes déjà avancés, et dans lesquelles la vésicule fût arrondie et non cylindrique, et d'ailleurs la fig. E', Pl. II d'Hermann[2], indique clairement pour moi la présence d'une membrane vésiculaire interne et fusiforme et d'une membrane cellulaire externe devenue sphérique par distension. Je crois donc fermement que l'*amas chromatique* d'Hermann n'est que l'ombilic à poussière chromophile de la membrane cellulaire.

Dans certains cas il est vrai, comme nous l'avons vu chez *Astacus*, *Pagurus*, il se forme à l'extrémité inférieure de l'axe de la vésicule un petit noyau de chromatine; mais ce noyau est appelé non à faire partie de la tigelle, mais à constituer en se perforant l'anneau chromophile qui bordera l'orifice de la vésicule.

Je disais qu'Hermann n'avait jamais formulé une distinction

[1] Hermann ; *Bull. scient. de la France et de la Belgique.*

[2] *Id.* ; Congrès de Copenhague.

entre la membrane vésiculaire et la membrane cellulaire, et que son attention ne s'est pas portée sur cette disposition parfaitement *normale* d'un très grand nombre de spermatozoïdes. Il a en effet représenté Pl. II', fig. O, O', H, H' des cas de clivage des deux membranes, mais sans en donner la moindre interprétation, et en se bornant à les considérer comme des formes *altérées*, et comme *des corps ayant subi les déformations les plus bizarres*. Or ces formes sont des formes normales, qui ne diffèrent des formes les plus ordinaires que par la différence du niveau qu'a atteint sur le cylindre le clivage des deux membranes. Ainsi les formes O et O' répondent bien dans mes dessins à la forme Pl. VIII, 49 dans laquelle la coupole est restée à l'état de disque, la forme H répond aux formes Pl. VIII, 33, 43, 51, 53, 54, 55; et la forme H' n'est que la reproduction de la forme si fréquente Pl. VIII, 39, 41, 42, 56, etc.

Ce sont donc des formes normales, des variétés régulières, qui n'ont rien d'altéré et rien de déformé, et qui se conçoivent et s'interprètent très simplement, quand on s'est fait une idée juste des diverses parties du spermatozoïde et de leur genèse.

« Les prolongements radiés naissent, dit Hermann[2], non pas du protoplasme nucléaire, mais du *collier* interposé à la vésicule et au noyau ». Ce collier, d'abord annulaire, prend bientôt la forme d'une plaque triangulaire ou *plaque basilaire* dont les angles s'étirent en trois prolongements rigides et effilés. Voilà les notions qu'Hermann formule comme positives sur les formes et les aspects du collier. Mais quant à la nature et à la signification de cette partie du spermatozoïde, elle est entièrement dans le doute et l'obscurité. Il nous dit seulement que ce collier est formé d'une substance *opaque* et *homogène*. Mais déjà, dans sa première note[3], il dit qu'il n'a pu déterminer si le collier dérive du reste du corps cellulaire, ou si c'est une formation spéciale dépendant de la paroi de la vésicule céphalique. Ce doute paraît avoir subsisté dans l'esprit de

[1] Hermann ; Congrès de Copenhague.

[2] *Id.* ; *Bull. scient.*, 1890.

[3] *Id.* ; Comptes rendus de l'Institut, 1883.

l'auteur, car j'ai vainement cherché une solution à ce problème dans ses deux dernières publications. Nous savons quelle est la réponse qu'il faut donner à ce problème. Les prolongements dérivent du cytoplasme de la cellule ainsi que le démontrent des faits comme celui de la fig. Pl. VIII, 5, et comme l'ont vu Grobben, Gilson et moi.

Mais Hermann se pose encore une question qu'il n'a pu, dit il, résoudre d'une manière satisfaisante [1]. La plaque basilaire dérivée du collier est-elle continue, ou y a-t-il dans sa partie centrale une perforation, de façon à laisser en contact immédiat la base de la vésicule et la portion supérieure du noyau ?

Le problème posé par Hermann est susceptible de la solution la plus claire et la plus nette. Si Hermann n'a pu le résoudre, c'est qu'il a pris à tort la coupole pour le noyau, au lieu de la considérer avec juste raison comme une portion renflée de la vésicule. On voit que dans ce dernier cas le *collier* d'Hermann n'est pas situé entre la vésicule et le noyau, mais tout autour du lieu de jonction de la coupole et du cylindre, et que par conséquent il forme bien un véritable anneau, et non une plaque, et même un anneau à très large ouverture puisque le cylindre y passe avec tout son diamètre. Nous verrons à propos des brachyures que la réponse à la même question ne sera pas malaisée, quoique Hermann considère la destinée de cet étroit collier des brachyures comme encore plus problématique. Les difficultés du problème disparaissent, quand on s'est fait une juste idée de la valeur des parties du spermatozoïde. Une appréciation erronée au contraire entraîne avec elle des doutes, des obscurités et des erreurs. On voit qu'entre Hermann et moi les divergences sont considérables, non seulement sur l'interprétation des faits, mais encore sur la constatation matérielle de ces faits. La considération et le crédit qui reviennent si légitimement à cet anatomiste m'ont imposé l'obligation de rechercher quelle pouvait être la cause d'un désaccord si important. Je l'ai en partie trouvée dans la technique spéciale employée par chacun de nous dans l'étude de la structure des spermatozoïdes.

[1] Hermann ; *Bull. scient.*, 1890.

J'ai déjà exposé quelle est ma technique et les avantages qu'elle présente. La liqueur de Ripart et Petit a pour l'étude des éléments dissociés du testicule des Crustacés des avantages considérables. Elle les fixe sans les déformer, comme le prouve l'examen comparatif de ces éléments fixés par ce liquide, ou examinées à l'état très frais dans le sérum du sang de l'animal. Elle permet de les fixer avant toute dissociation, et par conséquent avant toute altération, puisqu'on fixe un fragment de testicule en bloc. En évitant les coagulations très intenses, elle leur laisse leur transparence, et permet de distinguer admirablement ce qui est membrane de ce qui est masse, ce qui est cavité de ce qui est plein et continu. Elle facilite la dissociation des éléments. Elle permet encore pendant très longtemps la coloration par le vert méthyle acétique qui rend de si grands services par l'exquise électivité qu'elle a pour les substances nucléiniennes. Elle permet aussi fort bien, après un lavage suffisant à l'eau, d'user avec succès de tous les autres colorants nucléaires ou non (hématoxyline, carmin aluné, couleurs d'aniline, fuchsine, safranine, brun bismark, vésuvine, etc.). On conçoit qu'une pareille technique donne des résultats clairs, précis, nets, et qui permettent de résoudre les problèmes délicats de la spermatogenèse.

La technique d'Hermann me paraît mériter les reproches contraires. Hermann dissocie les spermatoblastes dans le ***sérum du sang*** de l'animal séparé de la fibrine par coagulation. Il expose la préparation à la vapeur d'une solution concentrée d'acide osmique en renversant la lame de verre sur le goulot du flacon. Mais comme la fixation ne peut se faire utilement qu'après dissociation, et que pendant la dissociation les spermatoblastes s'altèrent, il faut beaucoup se hâter et se contenter d'une dissociation sommaire et incomplète. On colore dans la chambre humide, on met la lamelle couvre-objet, et on peut observer.

J'avais usé moi-même de cette technique, avant de savoir qu'Hermann l'eût employée, et je l'avais abandonnée comme bien inférieure à celle que j'ai suivie depuis.

En effet, j'avais remarqué comme Hermann: 1° que fréquemment

le sérum donnait lui-même un réticulum coagulé qui ***englobait les éléments*** dissociés et rendait leur observation moins aisée; 2° que les pièces noircissaient peu à peu et s'altéraient rapidement.

Hermann avoue qu' « il y a lieu de décrire et de dessiner les spermatoblastes aussitôt que la préparation est terminée, de peur d'être surpris plus tard par ces dégradations qui se ***produisent constamment*** à un degré plus ou moins prononcé ». En outre, l'acide osmique supporte mal certains colorants, et en particulier les carmins et certaines couleurs d'aniline.

Il faudrait qu'un procédé technique qui offre de pareils inconvénients présentât de sérieux avantages pour le faire préférer à d'autres.

Or j'affirme que dans mes expériences comparatives la supériorité de la technique que j'ai choisie m'a toujours paru très éclatante; que ses résultats présents étaient plus satisfaisants, et ses résultats dans l'avenir de la préparation incomparablement supérieurs; une de nos préparations légèrement glycérinée et luttée reste, après des semaines et des mois, un sujet d'examen aussi profitable que le premier jour. C'est là un résultat précieux pour l'étude et pour la vérification.

Je crois donc que c'est la technique d'Hermann qu'il faut accuser des doutes et des inexactitudes que renferme son mémoire. Il faut qu'il y ait eu dans les préparations d'Hermann des coagulations et des voiles qui lui ont masqué la composition de la coupole et la terminaison à ce niveau de la tigelle, et qui l'ont obligé de convenir [1] qu'il n'avait pu déterminer exactement comment se comportent au niveau du collier, l'orifice du canal, le collier, et la substance nucléaire et que c'est pourquoi cette partie de sa figure a été laissée en blanc. Avec la technique que j'ai suivie, de pareilles obscurités n'auraient pu subsister.

[1] Hermann; Copenhague, pag. 11.

CHAPITRE IX.

PALINURUS VULGARIS.

Les spermatozoïdes de *Palinurus* m'ont paru présenter une des formes les plus simples ; aussi n'en dirai-je que quelques mots. Je tiens seulement à attirer l'attention du lecteur sur les fig. Pl. VII, 109 à 121 qui reproduisent des spermatozoïdes pris dans le canal déférent, traités par un mélange à parties égales de liqueur de Ripart et Petit, et d'acide osmique au centième, et colorés par le vert méthyle acétique. Ces spermatozoïdes étaient composés d'une vésicule sphérique aplatie, surmontée d'un noyau plus ou moins altéré et atrophié. Sur la paroi de la vésicule se trouve un dépôt remarquable de grains chromophiles parfois très volumineux qui forment un crépissage très irrégulier. Ce dépôt existe toujours abondant au voisinage du noyau, et constitue là un *disque* ou *plateau* comparable à celui que nous avons déjà vu chez les Pagurides, et qui est la tête du spermatozoïde.

Dans les fig. Pl. VII, 109, 110, 117, 121 les grains formant le plateau sont particulièrement gros et distincts. Dans les fig. 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 120, les grains plus fins et plus pressés sont moins distincts. En fig. 119 les grains se sont réunis en une grosse lentille massive. Le dépôt formé sur le reste des parois de la vésicule varie beaucoup et comme quantité et comme disposition. En fig. 114 et 119, il est nul ; en fig. 112, 113, 115, 116, 120, 121, il est discret et composé de grains fins. En fig. 109, 110, 111, 117, 118, le dépôt est composé d'éléments plus nombreux et plus volumineux. Le plateau dépasse parfois le diamètre de la vésicule (Pl. VII, 114, 115), ce qui tient probablement à ce qu'il n'a pas pu se rétracter comme cette dernière.

Quant au noyau, il a pris des formes très variées, s'est ratatiné,

ridé, aplati, ou bien est devenu saillant et en bâtonnet comme l'*appendice nucléaire* de *Pagurus striatus*. Quand il est encore volumineux (Pl. VII, 109, 110, 111), il ne renferme que quelques rares grains chromophiles. Mais il peut être très réduit (Pl. VII, 112, 113, 116, 117, 118, 119, 120). Il peut avoir entièrement disparu (Pl. VII, 115).

Ces spermatozoïdes m'ont paru manquer de prolongements protoplasmiques. Comme l'observation a été faite à la fin de février, il est possible que ces éléments eussent déjà subi une certaine résorption, et je n'affirme point que ce soit là la règle générale. C'est un fait à contrôler.

Je n'ai pas aperçu de *tigelle* proprement dite, mais seulement parfois des tractus délicats porteurs de quelques petits grains chromophiles (Pl. VII, 110, 111, 112, 120).

Grobben[1] a décrit les spermatozoïdes de *Palinurus vulgaris*. Dans les deux uniques figures qu'il en donne, il les a orientés, la vésicule en haut et le noyau en bas, contrairement à ce qu'il avait fait pour *Astacus*, mais conformément à ce qu'il avait fait pour le Homard, les Pagurides. Il avoue du reste que, n'ayant pu observer les phases du développement, il ne saurait affirmer que l'orientation qu'il adopte est vraiment la bonne.

Il place donc la vésicule en haut et la tête en bas, et dit que la face inférieure du spermatozoïde est légèrement aplatie. La tête a la forme d'un gâteau ou disque. Il a trouvé deux prolongements radiés, mais souvent aussi trois, et il considère ce dernier nombre comme le nombre normal. La fig. 15 de Grobben, qui représente un spermatozoïde vu de champ, est intéressante par l'interprétation qu'elle comporte ; elle montre bien, en effet, une grande vésicule claire à la base de laquelle se trouve la tête sous forme de gâteau ou disque un peu renflé au centre. Dans la vésicule pas de tigelle, mais, partant de la tête, quelques stries fines, radiées et granuleuses qui rappellent bien certaines formes, que

[1] Grobben ; *loc. cit.*

prend chez quelques Crustacés le contenu de la vésicule pour aboutir à la formation de la tigelle.

Enfin, appliquée sur l'autre face de la tête une légère éminence claire, hyaline, sans grains chromophiles, qui sont pour moi les restes du noyau. Cette figure s'accorde parfaitement avec les figures que j'ai données, mais le noyau est encore plus altéré et ratatiné que dans la plupart de ces dernières.

Je n'ai trouvé de description des spermatozoïdes de *Palinurus* ni chez Gilson, ni chez Hermann. Ce dernier se borne à dire qu'il a observé chez la Langouste la vésicule céphalique à l'état d'un petit corps situé dans le protoplasma cellulaire, ayant de 3 à 4 μ de diamètre, et comprenant deux parties dissemblables : un hémisphère se colorant vivement par le carmin, l'autre incolore et transparent, se gonflant notablement dans l'eau. C'est, dit-il, la forme la plus jeune ou la plus réduite de vésicule céphalique qu'il ait observée. Il n'a trouvé chez cet animal aucun autre stade de développement ni antérieur, ni postérieur, jusqu'à l'état adulte.

CHAPITRE X.

SCYLLARUS ARCTUS.

Les spermatozoïdes du Scyllarus n'ont été décrits ni figurés par Grobben, Gilson et Hermann. J'ai étudié à plusieurs reprises la spermatogenèse chez le *Scyllarus arctus*, et je vais en indiquer les principaux traits, car ils présentent quelques particularités dignes d'attention :

§ 1. — Des deutospermatoblastes et de la vésicule.

Les deutospermatoblastes, comme chez les Décapodes précédemment étudiés, sont de petites cellules à gros noyau granuleux et à couche mince de protoplasme. Dans cette dernière au voisinage du noyau apparaît une vésicule qui se colore par les colorants nucléaires (Pl. IX, 64). Cette vésicule grandit refoulant le noyau. A mesure qu'elle grandit il se dépose sur ses parois des grains chromophiles qui peuvent former un revêtement de formes variées. Le dépôt se fait d'abord et surtout sur le pôle nucléaire de la vésicule, de manière à constituer là une *coupole* plus ou moins surbaissée.

Parfois le dépôt pariétal se limite à cette portion de la vésicule, qui représente alors une sphère creuse hyaline dont la paroi s'est épaissie sur une certaine étendue, de manière à constituer une calotte chromophile (Pl. VII, 86, 87, 88, 89, 90, 91, etc.).

Mais, dans d'autres cas, les grains chromophiles se déposent sur d'autres points de la paroi de la vésicule, et y dessinent même des figures très élégantes. Les grains chromophiles se disposent en effet souvent en méridiens qui sont surtout accentués vers le pôle inférieur (Pl. IX, 69, 70, 71, 76), où ils convergent de manière

parfois à circonscrire un orifice inférieur (Pl IX, 68, 70, 72, 73, 74, 75).

La vésicule dans ces cas-là subit des modifications de forme qui lui donnent le plus souvent le profil d'une toupie.

§ 2. — De la tigelle.

Dans l'intérieur de la vésicule se produisent des modifications intéressantes qui aboutissent à des formations comparables à celles que nous avons déjà étudiées sous le nom de tigelles,

Il se forme d'abord dans le fond de la coupole une agglomération ou saillie granuleuse qui renferme plus ou moins de granulations chromophiles. C'est le cône initial (Pl. VII, 86, 87, 92, 94). Dans d'autres cas, la petite masse granuleuse se forme dans la cavité de la coupole mais sans toucher à cette dernière. Elle semble suspendue dans la cavité de la coupole (Pl. VII, 88, 89, 90, 97). Dans la plupart des cas les grains chromophiles, d'abord rares, se multiplient et finissent souvent par former une masse ou boule irrégulière qui tantôt reste suspendue au centre de la coupole (Pl. IX, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86) et tantôt se porte vers son sommet et vient s'appliquer contre sa paroi dont elle paraît être un renforcement (Pl. VII, 99, 101, 106 ; Pl. IX, 65, 66, 67). Mais parfois cette masse chromophile semble avoir exercé sur le sommet de la coupole une pression de dedans en dehors qui produit une hernie externe de ses parois, une sorte de diverticule dans lequel est logée la masse chromophile (Pl. VII, 99, 100, 104, 106, 107 ; Pl. IX, 65, 69, 71, 73, 74, 75, 76). Il semble que le contenu réticulé de la vésicule se soit fortement rétracté vers le fond de la coupole, et ait poussé fortement sur le centre qui dans ces cas paraît toujours mince et peu résistant.

Mais à côté de cette rétraction vers le sommet de la coupole, qui donne naissance à des formations comparables au bouton de *Astacus*, on peut constater l'effet de rétraction vers l'axe de la vésicule donnant naissance à des formations comparables à la tigelle des Pagurides et du Homard. Ces tigelles paraissent tantôt

creuses et plus ou moins riches en grains chromophiles (Pl. IX, 67, 68, 69, 73, 74, 75, 76, 77, 78), tantôt plus ou moins solides (Pl. IX, 66, 72, 84, 85). Ces formations tubulaires rappellent fort bien parfois les tigelles si complexes et si remarquables du Homard.

Les processus de rétraction de ces masses feutrées ont pour résultat de déformer plus ou moins la vésicule, et de lui donner la forme plus ou moins accentuée de toupie. Parfois même il en résulte des retournements de la partie inférieure de la vésicule, qui rappellent ce que nous avons vu chez *Astacus* et chez *Diogenes varians* (Pl. IX, 77, 78).

Il ne me paraît pas douteux qu'il ne faille attribuer à ces rétractions vers le sommet et vers l'axe, les formes si singulières telles que les fig. Pl, VII, 100, 103, 104, 108 ; Pl. IX, 74, 75, dans lesquelles le bouton chromophile se trouve dans une cavité séparée du reste de la vésicule par un étranglement. — On conçoit en effet que la paroi de la coupole, qui est toujours mince dans ces cas, ait été attirée vers l'axe, de manière à constituer un goulot entre la masse du bouton et le reste de la vésicule.

§ 3. — Modifications du noyau, du protoplasme et de la membrane cellulaire.

Du noyau. — Le noyau subit ici comme dans tous les cas précédemment étudiés des phénomènes de régression. Il apparait encore comme une masse ratatinée, hyaline, et renfermant quelques rares grains de chromatine dans les fig. Pl. VII, 98; Pl. IX, 65, 66, 68, 71, 72, 77, 78; mais il disparaît entièrement de bonne heure et ne laisse bientôt plus aucune trace; si bien que sur aucun spermatozoïde adulte on n'en retrouve des restes.

Le protoplasme cellulaire se réduit beaucoup en volume ; il finit par former trois ou le plus souvent quatre prolongements filiformes très grêles, qui sont attachés sur le bord libre de la coupole, c'est-à-dire, comme chez les autres Décapodes étudiés, sur la zone de contact de la coupole et de la partie inférieure de la vésicule

(Pl. VII, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106; Pl. IX, 70, 76). Ces prolongements filiformes sont très fins, aussi les aperçoit-on parfois difficilement; et je dois ajouter que dans bien des cas ils m'ont paru faire défaut.

La membrane cellulaire m'a paru conservée dans bon nombre de cas pendant une grande partie du développement. Elle limite alors une coupe claire et hyaline dans laquelle la vésicule semble reposer (Pl IX, 65 à 78). Mais cette membrane est appelée à disparaître dans la plupart des cas sur les spermatozoïdes mûrs. Elle adhère parfois comme chez les Pagurides et le Homard à l'extrémité inférieure de la tigelle et présente là une sorte d'ombilic.

§ 4. — Des spermatozoïdes murs.

Les formes que nous venons d'étudier peuvent se maintenir complètes chez les spermatozoïdes mûrs; mais dans la plupart des cas les spermatozoïdes renfermés dans les spermatophores perdent quelques-unes de leurs parties, et se réduisent à une forme très simplifiée (Pl. IX, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87). La partie mince ou hémisphère inférieur de la vésicule, et la membrane cellulaire ont disparu; et il ne reste que la coupole plus ou moins épaisse, dont la cavité est remplie par une substance granuleuse, au sein de laquelle se trouve plongée la masse chromophile du bouton ou tigelle. Des bords de la coupole se détachent les filaments protoplasmiques. Ces spermatozoïdes réduits à leurs parties essentielles rappellent d'une manière frappante les spermatozoïdes de Homard représentés fig. Pl. VIII, 29, et surtout fig. 36 et 37.

Ils présentent pour nous cet intérêt qu'ils nous permettent de déterminer, dans les spermatozoïdes de ces animaux, quelles sont les parties essentielles et quelles sont les parties secondaires. Les parties chromophiles de la coupole et de la tigelle paraissent en effet devoir être considérées comme les parties importantes et essentielles.

L'étude de la spermatogenèse de *Scyllarus* nous a montré dans ce type les mêmes caractères et les mêmes processus que chez les D capodes précédemment étudiés : disparition du noyau, naissance de la vésicule dans le cytoplasme, dépôt chromophile sur ses parois et sur son axe, formation de filaments protoplasmiques rayonnés, etc.

CHAPITRE XI.

MAJA SQUINADO. MAJA VERRUCOSA.

La spermatogenèse des Décapodes brachyures ne diffère en rien d'essentiel de la spermatogenèse des Macroures.

Le processus est identique ; et les formes des spermatozoïdes ne présentent que des différences qui n'ont rien de fondamental et de caractéristique. Aussi n'aurai-je pas à insister longuement sur cette partie de mon travail, et me bornerai-je à la description de quelques types, *Maja squinado*, *Maja verrucosa*, *Carcinus mœnas*, *Dromia vulgaris*, *Stenorhyncus longirostris*, *Corystes dentatus*.

Je réunis l'étude de *Maja squinado* et *Maja verrucosa*, parce que leurs spermatozoïdes ne diffèrent pas très sensiblement. Mais c'est sur *Maja squinado* que je fais plus particulièrement porter ma description.

§ 1. — Des deutospermatoblastes et de la vésicule.

Les deutospermoblastes de *Maja* que j'ai observés possédaient un gros noyau qui était à la phase homogène. Il était réfringent et se colorait vivement par les colorants nucléaires. Sur plusieurs on pouvait cependant reconnaître que le noyau était composé de grains chromophiles, fins et serrés (Pl. VII, 125, 135).

La couche de protoplasme autour du noyau était mince (Pl. VII, 146). Une vésicule y prend naissance au voisinage et au contact du noyau, et produit de très bonne heure une excavation de ce dernier, en y pénétrant plus ou moins (Pl. VII, 126, 127, 128).

A mesure que la vésicule grossit, se font sur ses parois des dépôts chromophiles qui lui donneront un aspect particulier,

et influeront considérablement sur sa forme. Ces dépôts sont variables comme disposition; mais ils ont lieu sur deux points, l'un sur l'hémisphère nucléaire de la vésicule et l'autre sur le pole opposé. Le premier prend la forme d'une calotte ou cloche, ou coupole simple, mais légèrement surbaissée; il correspond exactement à la cloche ou coupole des Macroures et est constitué comme cette dernière par un crépissage grenu et inégal (Pl. VII, **149**, **150**, **151**) d'une substance réfringente et très avide des colorants nucléaires. Parfois ce dépôt conserve cette forme simple (Pl. VII, **142**, **155**, **156**). Souvent elle présente plus tard au centre ou sommet une dépression ou invagination légère, qui rappelle celle que nous avons observée chez *Astacus* et quelques *Macroures* (Pl. VII, **147**, **153**, **157**). Parfois aussi, ce qui est assez rare, cette dépression centrale correspond même à un petit orifice (Pl. VII, **143**, **148**).

Mais dans d'autres cas le dépôt de la cloche prend une forme plus compliquée. Il se compose de deux parties, un disque supérieur qui correspond au sommet de la coupole, et qui est tantôt plat, tantôt légèrement concave, parfois même perforé, et un anneau assez large séparé du disque par une zone sans dépôt et uniquement formée par la membrane vésiculaire (Pl. VII, **131**, **134**, **135**, **136**, **137**, **138**, **139**, **223**, **224**). Cet anneau chromophile est plus ou moins étendu, et correspond à la zone d'origine des prolongements protoplasmiques.

Dans ces cas donc la cloche ou coupole chromophile est composée d'un disque supérieur et d'un anneau marginal réunis par la membrane vésiculaire. L'anneau marginal correspond à celui que nous avons observé chez le Homard, chez les Pagurides, etc., sous forme d'un renforcement des bords de la coupole.

L'autre dépôt chromophile se fait sur un espace assez limité, correspondant à l'extrémité de l'axe de la vésicule opposée au noyau, c'est-à-dire à son pôle inférieur (Pl. VII, **134**, **135**, **136**, **147**, **148**, **149**, **150**, **151**, **153**, **154**). Il forme là tantôt un petit disque, tantôt un petit cône saillant à l'intérieur, tantôt un petit anneau à ouverture très petite (Pl. VII, **139**, **152**, **153**).

§ 2. — De la tigelle.

Dans l'axe de la vésicule se forme la tigelle qui présente des formes variées. Elle apparaît d'abord au centre de la coupole sous forme d'un petit cône ou petite élévation, qui s'étend ensuite à tout l'axe de la vésicule, et qui va rejoindre le dépôt chromophile formé au pôle inférieur de la vésicule (Pl. VII, 131, 223). La petite masse ou cône initial persiste parfois d'une manière distincte (Pl. VII, 155, 156), et parfois aussi se pédiculise (fig. 157). Le plus souvent c'est la tigelle qui se pédiculise et se relie au centre de la coupole par un pédicule très fin et très délié.

La tigelle forme généralement une tige pleine dans laquelle il est impossible de distinguer une membrane et un contenu. Elle est formée par une masse feutrée, finement granuleuse, claire, non réfringente, et se colorant par les colorants nucléaires, mais à des degrés divers. Elle paraît renfermer une fine poussière chromophile. Mais parfois les diverses parties de la tigelle se différencient beaucoup plus, et l'on peut, comme dans les fig. Pl. VII, 134, 135, 136, 138, distinguer une gaîne très délicate achromatique en forme de cloche cylindro-conique renversée, dont la base correspond au disque chromophile de la coupole et le sommet au petit disque chromophile du pôle opposé. Au centre de la gaine se trouve le tissu feutré de la tigelle sous forme d'une tige pédiculée et fusiforme qui se colore faiblement, et au centre de laquelle on peut même distinguer une partie plus dense et plus colorable (Pl. VII, 134). Ce sont là des différenciations dont nous avons trouvé des exemples chez le Homard, mais surtout chez *Diogenes varians*.

La tigelle me paraît se former comme chez tous les Crustacés déjà étudiés par condensation du réticulum et de la substance chromophile de la vésicule.

Il y a en effet des phénomènes de rétraction dont les déformations de la vésicule sont à la fois la conséquence et la preuve.

Il me semble logique en effet d'attribuer à ces rétractions la dépression qui se produit souvent au sommet de la coupole (Pl. VII, 141, 143, 147, 148, 153, 157), et cette déformation de la coupole qui est représentée fig. Pl. VII, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 223, et qui ne s'observe que dans les cas où la coupole est composée d'un disque central et d'un anneau. Tandis que le disque est ramené plus ou moins vers le centre de la vésicule qui tend à prendre une forme hémisphérique, la zone membraneuse et l'anneau chromophile, qui ne s'appuient point sur la tigelle, sont soumis à un mouvement de rétraction plus important qui les déprime, et qui provoque la formation d'une sorte de sillon circulaire à ce niveau. Le reste de la vésicule, c'est-à dire son hémisphère inférieur subit une rétraction moindre, et reste distendu et gonflé par le liquide de la vésicule. La différence de déformation des deux hémisphères tient à plusieurs causes : 1° D'abord le dépôt de la tigelle, et par conséquent la rétraction commenceront à se produire dans l'hémisphère supérieur, et c'est là que se manifestent par conséquent aussi les premières déformations et les rétractions qui refoulent le liquide dans l'hémisphère inférieur. En outre c'est là aussi que le dépôt de la tigelle est le plus abondant et la rétraction la plus accentuée, car là se forme le cumulus initial déjà décrit et qui est parfois très abondant (Pl. VII, 155, 156, 157). Les effets de cette rétraction sur certaines coupoles pleines en démontrent assez clairement la puissance (Pl. VII, 143, 153, 157). 2° La résistance relative du disque et de l'anneau chromophile aux efforts de la rétraction fait porter les effets de celle-ci particulièrement sur l'anneau membraneux ; et celui-ci se déprime et forme la dépression ou sillon circulaire des fig. Pl. VII, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 223.

Ces causes multiples combinées de manières diverses me paraissent donner une explication suffisante des variations de forme assez nombreuses des spermatozoïdes de *Maja*.

§ 3. — Modifications du noyau, du protoplasme et de la membrane cellulaire.

Le noyau me paraît disparaître de très bonne heure chez *Maja*. Déjà sur des vésicules chez lesquelles le dépôt chromophile est faible, le noyau forme une sorte de capuchon irrégulier, réduit, pauvre en substance chromophile (Pl. VII, **129, 130, 134**). Peu de temps après, et quand le dépôt de la cloche est formé, mais bien avant que les spermatozoïdes soient parfaits, avant même que la tigelle soit apparue nettement, toute trace du noyau a disparu dans la plupart des cas (Pl. VII, **147, 148, 149, 150, 151, 153**). Le noyau disparaît donc entièrement, sans laisser de traces ; et les spermatozoïdes de *Maja*, dépourvus entièrement du *Mittelzapfen* de Grobben, ou appendice nucléaire observé chez les Pagurides et le Homard, manifestent donc à son degré le plus élevé la tendance à l'effacement du noyau, qui à des degrés divers caractérise la spermatogenèse des Crustacés décapodes.

Le protoplasma cellulaire se réduit à une zone ou anneau très mince, située autour des bords de la coupole, et qui fournit des prolongements effilés comparables à ceux que nous avons déjà vus. Mais ici le nombre en est assez variable, car j'en ai observé tantôt trois (Pl. VII, **140**), tantôt quatre (Pl. VII, **144**, **224**), tantôt cinq (Pl. VII, **139**). Ils sont relativement courts, et à base assez large, ce qui leur donne une forme conique bien prononcée.

La membrane cellulaire s'applique si bien sur la membrane de la vésicule qu'elle se confond avec elle, et qu'on ne parvient pas à l'en distinguer. Il est probable même que ces deux membranes contractent de très bonne heure des adhérences générales, et se fusionnent partout, car je n'ai pas observé chez *Maja* ces clivages des deux membranes et ces épanchements de liquide formant les manchons hyalins, que nous avons rencontrés si généralement chez les Pagurides et chez le Homard.

La spermatogenèse de *Maja* reproduit donc tous les traits essentiels de la spermatogenèse des Crustacés macroures, et n'en diffère réellement par aucun caractère. Toutes les tendances déjà signalées chez ces derniers s'y retrouvent, et quelques-unes seulement s'y manifestent avec une intensité très prononcée, notamment la tendance à la disparition du noyau, et à la fusion de la membrane vésiculaire avec la membrane cellulaire.

§ 4. — Exposé et critique des travaux antérieurs sur la spermatogenèse de *Maja*.

Grobben[1] donne une description très sommaire et très imparfaite des spermatozoïdes de *Maja squinado*. Il fait seulement remarquer que leur tête est hémisphérique, et présente dans son axe une strie sombre (notre tigelle). Les rayons sont de longueur moyenne ; leur nombre est le plus souvent de 4 ou 5, et leur base d'origine est large. Il n'a évidemment pas suivi les phases du développement, et n'est pas entré dans l'analyse des éléments.

Gilson[2] a décrit les spermatozoïdes de *Maja verrucosa*. Il trouve que le contenu de la vésicule est plus réfringent que d'habitude (ce que je n'ai nullement remarqué), et il explique par là certaines particularités de conformation, qui selon moi tiennent au développement de la tigelle et à la production d'anneaux chromophiles, ainsi que je l'expliquerai à propos de *Carcinus mœnas*, et non comme le veut Gilson au gonflement du contenu vésiculaire.

Gilson a observé chez *Maja verrucosa* quelques spermatozoïdes à forme cylindrique dont il donne une interprétation tout à fait erronée. Il pense en effet que le cylindre qui fait suite à la cupule (ou coupole) n'est qu'une colonne de substance gélatineuse représentant le contenu de la vésicule qui s'est gonflé, et a fait saillie en faisant *sauter la paroi* de la membrane vésiculaire, dont on voit les restes au sommet de la colonne (Pl. XIII, fig. 599 du mémoire de Gilson). Or la colonne n'est autre chose que la vésicule devenue

[1] Grobben ; *loc. cit.*

[2] Gilson ; *loc. cit.*

cylindrique, et la prétendue paroi vésiculaire qui la couronne n'est que l'anneau chromophile inférieur, qui borde l'orifice inférieur de la vésicule. La fig. 599 de Gilson est identique avec mes fig. Pl. VII, 197, 198, 203 de *Carcinus mœnas*, et représente les mêmes conformations.

Gilson dit que la tigelle reste toujours courte. Nous avons observé le contraire, puisque presque toujours nous l'avons vue atteindre le pôle inférieur de la vésicule. Il a compté le plus souvent quatre prolongements, parfois aussi trois ou cinq.

Quant au noyau, il le considère toujours comme formant la coupole chromophile qu'il désigne comme *cupule nucléaire*, et qui est la tête du spermatozoïde. Le lecteur sait combien nos observations nous ont conduit à un résultat tout contraire. Les formes de coupole à disque central et à anneau marginal (que Gilson n'a d'ailleurs pas observées), me paraissent une raison suffisante pour considérer les coupoles comme des dépôts chromophiles de la vésicule et non comme une transformation difficile à admettre du noyau. Nous savons au contraire combien les dépôts de la vésicule affectent très généralement la forme annulaire.

Gilson n'a du reste pas distingué les deux formes de spermatozoïdes, les uns à coupole entière, et les autres à disque et zone chromophiles.

Hermann s'est occupé spécialement de la spermatogenèse de *Maja squinado* dans ses deux dernières publications [1]. Les figures qui accompagnent le texte permettent de se rendre un compte très exact des opinions de l'auteur.

Dans le Mémoire du *Bulletin scientifique*, Hermann décrit, comme le spermatoblaste le *plus jeune* qu'il ait observé, une forme déjà avancée de l'élément spermatique, et qui correspond certainement aux formes de la Pl. VII, 147, 148, 149, 150, 153 de mon mémoire. Ce qu'il y décrit comme corps protoplasmique arrondi, légèrement granuleux, se colorant au carmin avec une intensité moyenne et sans membrane d'enveloppe bien apparente, et qu'il

[1] G. Hermann *loc. cit.* Congrès de Copenhague 1885 et *Bulletin scientifique de la France et de la Belgique* 1890.

considère comme le *noyau* aplati et même excavé supérieurement (inférieurement suivant mon orientation), n'est en réalité que la coupole déjà développée sur l'hémisphère supérieur de la vésicule; tandis que ce qu'il considère comme représentant la vésicule tout entière, n'en est que l'hémisphère inférieur resté transparent, hyalin, dans lequel il a distingué le petit disque du pôle inférieur comme semblant représenter un amas de *chromatine*. Quant à la *bandelette réfringente* qu'Hermann place et dessine sur la ligne circulaire qui délimite le noyau de la vésicule, ou pour être plus exact qui délimite la coupole de l'hémisphère inférieur de la vésicule, il la considère *à première vue* comme répondant à un épaississement annulaire de la membrane vésiculaire. Je dois dire qu'à première vue, à en juger par les dessins même d'Hermann, j'aurais pris cette bandelette pour l'homologue du *collier* qu'il a décrit chez le Homard, et dont il fait naître les prolongements filiformes. Mais je suis disposé à penser qu'Hermann a voulu désigner par là l'anneau marginal de la coupole que j'ai précédemment décrit, puisqu'il insiste sur sa réfringence. Quoi qu'il en soit, ici comme pour le Homard, Hermann a pris la coupole pour le noyau, qui à cette phase du développement a déjà disparu ou est du moins très atrophié. Je crois qu'ici encore cette confusion doit être attribuée à l'opacité qu'entraîne la technique adoptée par l'auteur.

Hermann avance qu'ici, comme chez tous les autres Décapodes, la tigelle ou colonne est formée de deux éléments provenant des deux pôles opposés de la vésicule (*amas chromatique* et *bâtonnet*), qui s'allongent et vont à la rencontre l'un de l'autre. En réalité le bâtonnet débute dans le sommet de la concavité de la coupole et s'étend vers le disque chromatique inférieur. Il a cru à tort à un élargissement de l'extrémité supérieure (inférieure pour moi) de la colonne, et à la nature non chromophile de son segment postérieur (antérieur pour moi). Nous avons vu la colonne ou tigelle se terminer inférieurement en pointe effilée dans la plupart des cas (Pl. VII, 134, 135, 136 etc.), et dans quelques cas seulement en s'élargissant. (Pl. VII, 135, 156. 157). Nous savons également qu'elle se colore aussi bien dans son segment supérieur que dans

l'inférieur, et que cette coloration est peu intense dans les deux cas, sauf au niveau du petit disque inférieur (amas de chromatine d'Hermann).

Dans le spermatozoïde parfait, Hermann représente le noyau comme s'étant réduit à une mince enveloppe doublant extérieurement la vésicule. C'est encore là une méconnaissance de la cloche ou coupole qu'il prend à tort pour le noyau. Enfin, d'après Hermann, le bord de cette calotte nucléaire hémisphérique émet un certain nombre de prolongements rayonnés, tandis que le corps de la cellule spermatoblastique semble avoir complètement disparu dès les premières phases de l'évolution. Je ne crois pas avoir besoin d'insister sur ce qu'a à la fois de contraire à l'analogie et à l'observation cette origine nucléaire des prolongements protoplasmiques, que nous savons représenter au contraire le cytoplasme de la cellule.

Hermann a décrit autour de la tigelle des zones opaques qui d'après lui indiqueraient l'existence de saillies méridiennes comme celles qui existent chez *Astacus*. Ces zones opaques correspondent à la cloche cylindrique décrite par moi et figurée. Pl. VII, 134, 135, 136, 138. Elles n'appartiennent pas à des saillies méridiennes de la coupole, mais à un feutrage membraneux dû à ce processus de condensation du contenu solide de la vésicule qui sert d'explication à toutes les modifications de cette dernière.

CHAPITRE XII.

CARCINUS MŒNAS.

Les spermatozoïdes de *Carcinus mœnas* rappellent à la fois ceux des Pagurides et ceux de *Maja*. N'ayant rien de spécial à signaler comme processus de la spermatogenèse, je vais me borner à décrire les formes ultimes et variées résultant des modifications des éléments de la cellule spermatique.

§ 1. — De la vésicule.

La vésicule se développe comme d'ordinaire et affecte à la fin deux formes, l'une globuleuse qui rappelle *Maja* (Pl. VII, 158, 160, 161, 162, 166, 167, 168, 169), et l'autre cylindrique (Pl. VII, 197 à 209) qui rappelle les Pagurides. Entre ces deux formes se trouvent toutes les formes intermédiaires.

La vésicule fournit, comme toujours, la coupole, la tigelle et un nombre variable d'anneaux chromophiles ; mais ces parties sont susceptibles de nombreuses variations qui peuvent être distinguées en plusieurs types.

Il y a : 1° Le type à coupole continue, qui rappelle la coupole continue de *Maja*, des Pagurides, et qui peut se trouver tantôt sur des formes globuleuses (Pl. VII, 158, 159, 160, 161, 162), tantôt sur des formes cylindriques (Pl. VII, 197 à 203, 209). Ces coupoles sont plus ou moins creuses et peuvent être si surbaissées qu'elles sont plates et discoïdes (Pl. VII, 200, 209).

2° Dans d'autres cas, les coupoles sont perforées au centre comme dans certains cas chez les Pagures et chez *Maja* (Pl. VII, 164, 165, 168, 169). La perforation centrale peut être si large que la coupole est réduite à l'anneau marginal de *Maja* (Pl. VII, 164, 165, 166, 167, 168, 204, 205).

En outre, la vésicule possède un ou plusieurs anneaux chromophiles étroits et déliés.

Il y a toujours à l'extrémité inférieure de la vésicule un dépôt chromophile formant un anneau plus ou moins ouvert, qui borde en bourrelet l'orifice inférieur de celle-ci. Il correspond à l'anneau ou dépôt du pôle inférieur que nous avons observé chez presque tous les Crustacés. Cet anneau ne fait jamais défaut ici, et est le plus accentué. Mais il peut être accompagné dans les formes cylindriques d'un ou deux autres anneaux situés au-dessus de lui (Pl. VII, 206, 207, 208, 209) qui peuvent avoir des diamètres un peu différents, ce qui influe certainement sur les diamètres de la vésicule, et ce qui lui donne parfois la forme d'un tube de lunette à cylindres rentrants (Pl VII, 207, 208, 209). C'est là une disposition que Gilson a décrite et figurée pour *Maja tuberculata* (Pl. XIII, 601) et pour *Acanthonyx lunulatus* (Pl. XIII, 637), et dont il donne une explication tout à fait erronée. Pour lui, en effet, le segment cylindrique inférieur de petit diamètre n'est que le *contenu gonflé de la vésicule nucléaire qui sort de celle-ci sous forme d'une colonne qui passe à travers la perforation apicale* (pag. 231. Explication des planches). Il est facile de se convaincre qu'il s'agit simplement d'une portion rétrécie du cylindre vésiculaire, exactement comparable à ce que nous avons vu comme cône terminal inférieur chez le Homard. L'anneau inférieur, le premier formé et le plus résistant, s'est opposé à la dilatation de l'orifice inférieur et de la portion inférieure du cylindre, lorsqu'il y a eu surproduction du liquide vésiculaire; tandis que l'anneau supérieur, plus tardif et plus faible, ou bien n'est survenu que quand la distension s'était déjà produite, ou bien a cédé à cette distension.

§ 2. — De la tigelle.

La tigelle commence à apparaître dans le fond de la coupole sous forme d'une petite éminence irrégulière (Pl. VII, 161, 162, 169, 203), qui bientôt se pédiculise.

Elle s'allonge ensuite sous forme de fuseau suivant l'axe de la vésicule, et parvient souvent par une extrémité *effilée* jusqu'au pôle inférieur de cette dernière, qu'elle ne dépasse pas très généralement.

Elle ne fait donc pas ordinairement saillie hors de la vésicule. J'ai pourtant observé quelques exemples de cette dernière disposition (Pl. VII, 163, 164, 165). La tigelle est composée d'un tissu feutré, dans lequel sont répandus irrégulièrement de fines granulations chromophiles.

§ 3. — Modifications du noyau, du protoplasme et de la membrane cellulaire.

Le noyau est appelé à disparaître complètement chez la plupart des spermatozoïdes murs. Mais cette disparition totale est plus tardive que chez *Maja squinado*, car on trouve des restes du noyau non seulement chez des spermatozoïdes encore imparfaits, mais même chez des spermatozoïdes déjà avancés dans leur développement.

On trouve des restes du noyau sous forme d'un corps plus ou moins aplati et irrégulier, qui est appliqué sur un point quelconque de la convexité de la coupole. Tantôt ce corps incolore et hyalin renferme encore des traces de nucléine sous forme de quelques grains grossiers, tantôt sous forme de granulations fines (Pl. VII, 158, 159, 160, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 204).

Dans d'autres cas, toute trace de nucléine a disparu, et les restes du noyau constituent un petit disque clair, hyalin et incolore (Pl. VII, 163, 164, 165, 209). Ce reliquat altéré et imparfait finit même par s'effacer entièrement, si bien que les spermatozoïdes de *Carcinus mænas*, comme ceux de *Maja*, sont dépourvus d'appendice nucléaire, et manifestent au plus haut degré cette tendance à la disparition du noyau, qui caractérise la spermatogenèse des Décapodes.

Le protoplasma de la cellule spermatique paraît être entièrement ou presque entièrement résorbé dans les spermatozoïdes de *Carcinus*

mœnas. Il forme peut-être autour des bords de la coupole un anneau très mince ; mais je n'ai pu l'apercevoir bien distinctement ; et dans tous les cas je n'ai point vu les prolongements protoplasmiques ; de sorte que je suis disposé à penser qu'ils manquent chez ce Décapode ou qu'ils sont fugaces comme de vrais prolongements amœboïdes.

Comme chez *Maja squinado*, la membrane cellulaire m'a paru adhérer de bonne heure à la membrane vésiculaire ; aussi observe-t-on très rarement la formation de vésicules ou manchons hyalins dus au clivage des deux membranes par l'interposition d'un liquide clair et hyalin. Cette rareté des cas de clivage vient expliquer la rareté des cas de saillie de la tigelle, car nous avons vu que ces derniers s'expliquaient par les premiers. J'ai cependant vu un cas où le clivage était total, et reproduisait la disposition si fréquente chez *Astacus*, où le spermatozoïde est comme libre au milieu d'un espace sphérique limité par la membrane cellulaire.

§ 4. — Exposé et critique des travaux antérieurs sur la spermatogenèse des *Carcinus mœnas*.

Grobben[1] fait remarquer que la tête des spermatozoïdes des Portunides est à peu près sphérique, et que le corps protoplasmique se dispose sur l'équateur de la tête qui forme un anneau plat, convexe en haut, à bords rabattus vers le bas, ayant la forme d'un parapluie, et fournissant par sa périphérie de *très courts* prolongements, de 13 à 15 chez *Portunus depurator*, de 13 à 19 chez *Carcinus mœnas*.

Il est évident que Grobben a compris dans la tête du spermatozoïde, non seulement la coupole mais la vésicule tout entière. Remarquons d'ailleurs qu'il ne fait aucune mention des détails de structure de la vésicule, de la tigelle, et qu'il n'a pas observé les formes cylindriques et à anneaux multiples. Mais par contre il a vu l'anneau plat de protoplasme et ses très faibles prolongements

[1] Grobben ; *loc. cit.*

qui ont échappé à mon observation, ce qui peut tenir à la contraction que les fixateurs employés par moi ont produit dans cette lame si faible et si petite de protoplasme.

Hermann[1] dans sa Note à l'Institut cite *Carcinus* parmi les Brachyures qu'il a étudiés : il lui attribue les processus généraux de spermatogenèse de ce groupe de Crustacés, tels que nous les avons analysés pour *Maja*, sans entrer dans des considérations spéciales sur ce genre et sur l'espèce *C. mænas*.

Gilson[2] consacre quelques lignes à la spermatogenèse de *Carcinus mænas*. Il y renouvelle l'opinion déjà exposée et combattue par moi, que la tête est formée par le noyau qui s'excave, et se creuse plus ou moins profondément pour recouvrir plus ou moins la vésicule.

Gilson a représenté la tigelle débutant au fond de la coupole, et s'étendant vers le pôle opposé pour devenir fusiforme et se terminer par une extrémité effilée. Ses observations sont tout à fait conformes aux miennes. J'en dirai autant pour ce qui regarde les prolongements radiés, que, comme moi, Gilson n'a pas observés chez *Carcinus mænas*.

[1] Hermann ; Note à l'Institut.

[2] Gilson ; *loc. cit.*

CHAPITRE XIII.

DROMIA VULGARIS.

La spermatogenèse de *Dromia vulgaris* ne m'a rien présenté de spécial. J'en donne ici un court aperçu pour prouver, par un exemple de plus, que les traits essentiels de structure et de processus sont identiques chez tous les Décapodes.

§ 1. — De la vésicule.

Elle se développe comme dans tous les cas précédents. Elle conserve une forme globuleuse sphérique, plus ou moins aplatie, comme cela arrive le plus souvent chez les Brachyures.

Il se dépose une coupole ou calotte chromophile granuleuse qui d'abord convexe (Pl. VII, 213, 214, 215) acquiert bientôt une dépression ou invagination centrale légère (Pl. VII, 194, 195, 196, 211, 212, 216). C'est là une tendance générale déjà observée chez d'autres Décapodes, et qui aboutit à un résultat plus ou moins accentué. Ici la dépression est le plus souvent légère, mais sensible. A part ce dépôt constituant la cloche, il se forme encore un dépôt sur le pôle opposé, et qui consiste le plus souvent en un anneau de grains chromophiles, qui semble délimiter l'orifice de la vésicule, et en un petit amas placé au centre de cet anneau inférieur, amas qui correspond à l'extrémité inférieure de la tigelle, et qui appartient en réalité à celle-ci, comme le prouvent les fig. (Pl. VII, 211, 212).

§ 2. — De la tigelle.

La tigelle commence, comme toujours, par une première condensation dans la cavité de la coupole, qui se propage plus ou moins sous forme de tige feutrée dans l'axe de la vésicule. La tigelle

est plus ou moins différenciée suivant que le feutrage est disséminé et n'est pas réuni en tige (Pl. VII, **212**, **213**, **214**, **215**, **216**) ou bien qu'il est constitué en une tige plus ou moins délicate (Pl. VII, **211**), ce qui est plus rare. Elle paraît manquer ou n'être pas visible dans bien des cas (Pl. VII, **194**, **195**, **196**). Elle est composée d'un feutrage délicat au sein duquel se trouvent assez souvent des grains chromophiles. Quelques-uns de ces grains se réunissent à l'extrémité inférieure de la tigelle pour constituer le petit amas situé au centre de l'anneau chromophile inférieur de la vs icule. La rétraction du contenu vésiculaire, d'où résulte la formation de la tigelle, donne une explication satisfaisante de la dépression centrale de la coupole.

§. 3. — Modifications du noyau, du protoplasme et de la membrane cellulaire.

Le noyau obéit ici à la loi commune. Il tend à s'altérer et à disparaître. Il perd sa chromatine, il s'aplatit, et on l'aperçoit tantôt comme noyau atrophié mais encore faiblement colorable (Pl. VII, **213**, **214**, **215**), tantôt comme une lentille claire et incolore (Pl. VII, **211**, **216**). Mais dans les spermatozoïdes mûrs, il a entièrement disparu.

Le protoplasme aussi a décru, s'est résorbé, et n'est plus apercevable. Il ne m'a pas paru fournir des prolongements radiés. Dans tous les cas, je n'ai pu en apercevoir.

Je n'ai pas observé de cas bien nets de formation de manchon hyalin, ou vésicule secondaire, mais cependant la fig. Pl. VII, **211** indique qu'il doit s'en former dans quelques cas. On y voit en effet le contenu de la vésicule qui a fait saillie par l'orifice de cette dernière, et la tigelle qui fait saillie par cet orifice comme dans les cas où il s'est formé une vésicule secondaire par la distension de la membrane cellulaire.

On voit que les spermatozoïdes de *Dromia* rappellent fort ceux des autres brachyures que j'ai étudiés.

§ 4. — Exposé et critique des travaux antérieurs sur la spermatogenèse de *Dromia*.

Grobben[1] a consacré quelques lignes à la description des spermatozoïdes de *Dromia vulgaris*. Il leur reconnait un corps en forme de gâteau renfermant une tête de même forme. Grobben affirme avec juste raison que l'appendice médian, c'est à-dire le noyau, manque entièrement. A la face inférieure de la tête (face supérieure pour moi) il a vu une couche épaisse du protoplasme qui joue le rôle de *porte-rayons* (Strahlenträger), et de l'extrémité inférieure de laquelle naissent trois courts rayons.

La situation de cette couche protoplasmique que Grobben figure comme recouvrant la convexité de la tête du spermatozoïde (cloche ou coupole) et l'absence pour moi de rayons (que Grobben qualifie d'ailleurs de *courts*) me portent à penser que cette couche protoplasmique porte-rayons de Grobben n'est qu'un restant très aplati du noyau dépourvu de chromatine ou pauvre en cette substance, et tel que je l'ai représenté dans mes fig. (Pl. VII, **211**, **213**, **215**, **216**).

La zone de protoplasme porte-rayons n'est jamais en effet chez les autres Décapodes située sur le sommet de la cloche, mais autour de sa base ou orifice.

Gilson[2] reconnait que les spermatozoïdes de *Dromia* diffèrent très peu de ceux du *Carcinus mænas*. Il fait remarquer cependant que le renflement du sommet de la tigelle (extrémité inférieure pour moi), rare chez *Carcinus*, est fréquent chez *Dromia*. Il reproche avec raison à Grobben d'avoir donné aux spermatozoïdes de Dromia une forme plus aplatie que l'état naturel. Quant au *Strahlenträger* de Grobben, Gilson pense que ce naturaliste s'est mépris sur sa signification. Cette partie représente pour lui, à n'en pouvoir douter, les restes de la vésicule. Comme moi, Gilson n'a pas vu de prolongements protoplasmiques chez *Dromia*, et il

[1] Grobben ; *loc. cit.*
[2] Gilson ; *loc. cit.*

considère les filaments figurés par Grobben comme des lambeaux déchirés de la vésicule.

Gilson et moi sommes donc d'accord pour penser que Grobben s'est mépris sur ce qu'il a appelé *Strahlenträger*, mais nous différons totalement sur la signification à donner à cette partie. Gilson y voit des restes et des lambeaux de la vésicule. J'y vois au contraire des restes altérés du noyau. Cette dernière opinion ne pouvait se présenter à l'esprit de Gilson, puisqu'il considère que chez *Dromia*, comme chez tous les autres Décapodes, le noyau, loin de s'altérer et de disparaître, forme la coupole ou cloche, et recouvre la vésicule.

Nous savons que c'est là une erreur. Mais en admettant même qu'il en fût autrement, l'interprétation de Gilson à propos du *Strahlenträger* est réellement inadmissible, car les débris de la vésicule ne sauraient se trouver dans aucun cas sur la convexité de la coupole, puisque la vésicule est enfoncée *dans la concavité de celle-ci*. Or c'est bien sur la convexité de la tête (*An der Unterseite des Samenkopfes* [1]), que Grobben place cette couche de protoplasme qui forme le *Strahlenträger*, c'est-à-dire au lieu même où dans d'autres cas il place son *Mittelzapfen*, c'est-à-dire l'appendice nucléaire.

Je pense donc fermement que cette couche claire que Grobben a prise pour un porte-rayons, et Gilson pour les restes de la vésicule, est bien en réalité le noyau altéré, l'appendice médian, *Mittelzapfen* de Grobben, que j'ai désigné comme appendice nucléaire.

[1] Il ne faut pas oublier que Grobben oriente le spermatozoïde des Décapodes autres que l'Écrevisse d'une manière opposée à celle que j'ai adoptée, et que je justifierai plus loin. Ce qui est inférieur pour lui est supérieur pour moi.

CHAPITRE XIV.

STENORYNCHUS LONGIROSTRIS.

---

§ 1. — Phénomènes caractéristiques du processus.

J'ai observé quelques phases du développement des spermatozoïdes de *Stenorynchus longirostris*. Elles ont suffi pour me convaincre que ce développement obéissait aux règles générales que j'avais observées chez les autres Décapodes. Une vésicule naît dans le protoplasme au voisinage du noyau ; elle grandit en repoussant le noyau qui se creuse parfois pour la recouvrir ou la coiffer partiellement (Pl. VII, 171, 172, 173, 174, 175, 177, 178, 179). La portion des parois de la vésicule voisines du noyau se recouvre intérieurement d'un dépôt granuleux en crépissage qui forme la coupole ou cloche. Cette dernière est généralement surbaissée. Le dépôt est parfois irrégulier, comme chez les autres Décapodes (Pl. VII, 175). Vers le pôle opposé de la vésicule se forme un petit dépôt de grains chromophiles qui forment souvent un petit anneau entourant l'orifice futur de la vésicule (Pl. VII, 171, 172, 173, 178, 180).

Dans la vésicule se forme une tigelle fusiforme, effilée en bas et rappelant celle de *Carcinus mœnas* (Pl. VII, 172, 178). Elle est de même structure, et paraît due au même processus.

Le noyau devient d'abord volumineux et d'aspect homogène (Pl. VII, 179); puis il s'altère et tend à disparaître. Il s'aplatit, s'excave, se ratatine plus ou moins, et perd son affinité pour les colorants nucléaires. Il diminue de volume et s'atrophie progressivement. Dans le spermatozoïde mûr, il a le plus souvent complètement disparu.

Quant au protoplasme de la cellule, il s'efface également ou

diminue au point de n'être plus nettement perceptible. Je n'ai pas vu de prolongements protoplasmiques chez *Stenorhynchus longirostris*.

Le spermatozoïde mûr a la forme globuleuse ou légèrement cylindrique.

§ 2. — Exposé et critique des travaux antérieurs sur la spermatogenèse de *Stenorynchus*.

Grobben [1] a décrit le spermatozoïde de *S. phalangium*. Vu latéralement, il a la forme d'un capuchon, et vu d'en haut il a la forme polygonale avec autant de côtés qu'il y a de rayons. La tête est en forme de godet et présente une traînée plus foncée dans le milieu (notre tigelle), traînée qui d'après l'analogie avec les autres spermatozoïdes provient d'une *partie invaginée* de la *paroi supérieure* de la tête. La couche de protoplasme de la cellule, très mince en bas, forme à la face supérieure une sorte de coupe qui recouvre la tête.

Les rayons, ordinairement de 7 à 8, sont de longueur moyenne et horizontaux.

L'examen de la fig. 31 de la Pl. IV de Grobben, qui représente le spermatozoïde *S. phalangium*, me suscite quelques réflexions. Très évidemment, Grobben a donné à ce spermatozoïde une orientation inverse de celle qu'il a adoptée jusqu'à présent à de très rares exceptions près. Il a placé ici en haut la convexité de la coupole ou cloche, comme je l'ai toujours fait moi-même. Au centre de la cloche est dessinée vaguement la tigelle. Mais alors ce qu'il prend pour une couche du protoplasme cellulaire recouvrant la convexité de la cloche n'est très évidemment que le noyau recouvrant la coupole et ayant perdu son élément nucléinien chromophile, pour prendre un aspect pâle et peu réfringent. J'en dirai autant de la fig. 34 de la même Planche concernant le spermatozoïde d'*Inachus thoracicus*.

J'ajouterai que nous savons que la tigelle n'est pas le résultat

[1] Grobben ; *loc. cit.*

de l'invagination de la paroi supérieure de la coupole, mais un élément formé au centre de celle-ci, et qui provoque parfois en effet l'invagination de cette paroi, au lieu d'en être le résultat et la conséquence.

Je répéterai ici pour *Stenorh. long*. ce que j'ai dit à propos de *Carcinus mœnas*, c'est que les prolongements protoplasmiques de *moyenne longueur* pourraient bien être fugaces comme des prolongements amœboïdes.

Gilson consacre trois lignes aux spermatozoïdes de *St. phalangium*. Il signale et dessine (Pl. XIII, 634) une *particularité* dont l'interprétation ne me paraît pas heureuse. Pour lui il s'agit de la *paroi achromatique de la vésicule soulevée par la tigelle.*

Pour moi c'est tout simplement le petit dépôt chromophile du pôle inférieur de la vésicule, qui se dessine très nettement comme une ellipse, tandis que la zone mince et claire qui le relie aux bords de la coupole a échappé à l'observateur. C'est d'ailleurs là une erreur que j'ai déjà signalée chez Gilson à propos de *Maja verrucosa*, et d'*Acanthonyx lunulatus*.

Gilson, pas plus que moi, n'a ni vu ni dessiné des prolongements protoplasmiques chez *St. phalangium*.

Hermann a donné dans sa communication au Congrès de Copenhague [1] une série de figures représentant diverses phases de la spermatogenèse de *St. phalangium*, qu'il cite comme représentant exactement le processus d'évolution qu'il attribue aux spermatozoïdes chez les Décapodes brachyures: naissance du nodule céphalique au pole *antérieur* du noyau, et accroissement de cette vésicule ; développement de la colonne centrale (tigelle) par la rencontre de deux éléments provenant des deux pôles de la vésicule, l'un antérieur achromatique en bâtonnet, l'autre postérieur chromatique en forme de tronc de cône ; enfoncement de la vésicule dans le noyau qui la recouvre entièrement comme une calotte hémisphérique, qui émet par ses bords un certain nombre

[1] Hermann ; (*loc. cit.*, 1885).

de prolongements rayonnés, le collier réfringent des Macroures faisant complètement défaut.

Sans revenir sur la question de l'origine de la tigelle déjà traitée antérieurement, je répéterai ici que, comme pour la Maja, Hermann ne s'est pas aperçu de la disparition progressive et complète du noyau, qu'il a pris pour ce dernier le dépôt chromatique de la vésicule qui forme la coupole ou cloche, et qu'il est dans l'erreur en prétendant que c'est le noyau qui fournit les prolongements rayonnés qui, quand ils existent, dérivent du protoplasma cellulaire[3].

CHAPITRE XV.

CORYSTES DENTATUS.

La spermatogenèse de *Corystes dentatus* ressemble si bien à celle des autres Brachyures que je crois devoir me borner à renvoyer le lecteur aux figures qui s'y rapportent (Pl. VII, 184 à 191) et qui représentent la cellule spermatique, quelques-unes des phases du développement et enfin les spermatozoïdes parfaits.

Ces figures suffisent à démontrer que le processus général et la forme des éléments se rapportent fidèlement à ce que nous avions observé chez *Carcinus mœnas*, *Maja*, etc.

CHAPITRE XVI.

CARIDES.

J'ai réservé pour la fin l'étude du groupe des Carides, parce que la forme toute spéciale et étrange de leurs spermatozoïdes semble leur marquer une place à part, et parce que les auteurs qui se sont occupés de cette spermatogenèse ont émis à son sujet des propositions très différentes, très discutables et réclamant un contrôle spécial et une discussion approfondie. D'ailleurs les phases successives de la spermatogenèse n'ont été bien suivies par aucun des auteurs qui se sont occupés de la question; et dans ces études trop de lacunes existent, trop de phases sont restées inobservées, pour qu'il n'y ait pas lieu à des corrections importantes dans les données précédemment publiées. Aussi ai-je tenu à apporter sur ce sujet le résultat d'observations nombreuses, variées, et aussi complètes que possible.

§ 1. — Des spermatoblastes.

Mes études ont porté sur deux espèces de Palémon abondantes à Cette, *Palaemon serratus* et *Palaemon Treillianus*. Leur testicule se compose comme celui de la plupart des Décapodes de petits tubes plissés, et repliés à angles alternatifs, dont les parois présentent des dilatations, des divercules plus ou moins prononcés, formant des poches plus ou moins saillantes. Ces poches ont exactement la même constitution que chez les autres Décapodes. Elles comprennent donc une enveloppe générale formée par un réseau de rubans conjonctifs renfermant des noyaux aplatis, et une membrane propre renfermant des noyaux aplatis isolés ou disposés par groupes. A l'intérieur se trouvent des nids de blastème de remplacement formés par des groupes de noyaux plongés dans une masse commune de

protoplasme. Ces nids ont pour origine les noyaux de la membrane propre, qui se multiplient et se trouvent former des groupes lenticulaires concavo-convexes, compris entre deux membranes résultant du clivage de la membrane propre du tube testiculaire. On voit donc qu'ici le blastème de remplacement ou plasmodium a exactement la même origine et le même mode de formation que chez les autres Décapodes. Comme chez les autres Décapodes aussi les noyaux du blastème de remplacement se multiplient par division directe, et par le procédé de pulvérisation de la nucléine et de clivage de la cloison qui résulte de la condensation de la *voie lactée*. On pourra en juger par les fig. Pl. IX, 89, 90.

Quand le processus de multiplication est épuisé, les noyaux grossissent, deviennent sphériques et produisent autour d'eux une atmosphère propre de cytoplasme, d'abord très mince et très claire, hyaline, mais qui s'épaissit peu à peu, et devient granuleuse. Ainsi se constituent les protospermatoblastes comme chez tous les autres Décapodes.

Ces grandes cellules réunies en groupes occupent de grands espaces dans les tubes testiculaires. Elles ont exactement la même constitution que dans les autres Décapodes (Pl. IX, 88; Pl. X, 70) : grand noyau sphérique à chromatine sous forme de grains disposés suivant un réseau dont les nœuds sont marqués par des grains plus volumineux[1]; cytoplasme présentant un fin réticulum dont les filaments renferment des grains fins et incolores. Leur diamètre est de $0^{mm},020$ à $0^{mm},025$ environ chez le *P. serratus* Ces grandes cellules se multiplient par division indirecte avec phénomènes cinétiques semblables à ceux que nous avons observés chez les autres Décapodes. Chez le *P. Treillianus* les protospermatoblastes sont plus gros. Les noyaux seuls atteignent généralement $0^{mm},03$ de diamètre. La fig. Pl. X, 68 représente deux de ces cellules dans lesquelles se prépare la cinèse par la disposition moniliforme du cordon nucléinien divisé d'ailleurs en tronçons.

[1] La disposition de la nucléine présente d'ailleurs des variations comparables à celles que j'ai décrites chez l'Ecrevisse et les autres Décapodes.

Les divisions se succèdent un certain nombre de fois. Il y a deux divisions successives. Elles aboutissent à des cellules plus petites que les précédentes, puisqu'elles ont chez *P. serratus* de $0^{mm},012$ à $0^{mm},015$ de diamètre. Leur constitution diffère peu des grandes cellules mères. Ces petites cellules sont les deutospermatoblastes qui vont se transformer directement en spermatozoïdes (Pl. IX, 130, 131).

Jusqu'à présent les processus de formation des éléments du testicule sont donc complètement semblables à ceux que nous avons observés chez les Décapodes. Voyons si cette similitude persistera jusqu'à la fin.

Les deutospermatoblastes prennent la figure de petites cellules sphériques dont le noyau est rempli de grains de nucléine assez fins et uniformément répandus (Pl. IX, 130), ou bien prend un aspect presque homogène dû soit à la division extrême de la nucléine, soit à sa dissolution dans le liquide nucléaire (Pl. IX, 131). L'atmosphère de protoplasme est généralement peu épaisse et finement granuleuse (Pl. IX, 130); chez un *P. serratus* j'ai trouvé ces noyaux sphériques et homogènes comme disséminés dans une masse protoplasmique granuleuse et vacuolaire. On trouvait cependant çà et là des lignes limites entre les cellules, et il m'a semblé que l'état de fusion ou plutôt de confusion des cellules tenait à la transformation vacuolaire du cytoplasme par un excès de liquide ou d'enchylème dans les mailles du réticulum. La zone protoplasmique était, en effet, boursouflée et fort accrue autour des noyaux. On retrouve d'ailleurs plus tard cette tendance du cytoplasme à former des vacuoles; et le cas actuel m'a paru n'être qu'une manifestation peut être plus précoce de cette tendance.

J'ai eu l'occasion d'observer des protospermatoblastes dans lesquels le cordon nucléinien présentait une structure très nette. Ce boyau m'a paru constitué comme la tigelle par un feutrage achromatique au sein duquel se trouvaient les grains chromophiles. Le boyau était d'ailleurs fragmenté et était entré dans les premières phases de la cinèse (Pl. X, 68).

§ 2. — DESCRIPTION DES SPERMATOBLASTES.

Les spermatozoïdes des Carides présentent une forme si particulière et si différente de celle des autres Décapodes que je dois commencer par en faire la description, avant d'en exposer le mode de développement.

La forme générale du spermatozoïde chez le *P. serratus* est celle d'un disque plat qui porte un appendice effilé ou pointe ou épine au centre de l'une de ces faces (Pl. IX, 114, 115, 116). Je considère cette face porte-aiguillon comme la face supérieure, et le développement nous montrera pourquoi cette face correspond au pôle supérieur du spermatozoïde des autres Crustacés. Les spermatozoïdes arrivés à parfaite maturité et pris dans les parties inférieures du canal déférent ont généralement un disque très mince. Mais dans d'autres points, au voisinage du testicule ou dans le testicule lui-même, ce disque est bien plus épais, et il présente alors des formes qui marquent tous les degrés depuis le disque mince jusqu'à la sphère en passant par toutes les phases de l'aplatissement de cette dernière. En jetant un coup d'œil sur les figures nombreuses qui accompagnent cette description il sera facile de le constater. Il m'a semblé d'ailleurs que l'aplatissement final n'était pas aussi accentué chez *P. Treillianus*, que chez *P. serratus*.

Mais dans tous les cas le disque apparaît toujours comme formé de deux substances différentes par leur constitution physique et chimique : une substance chromophile très avide des colorants nucléaires, et une substance dite achromatique, c'est-à-dire sans pouvoir électif spécial pour ces mêmes colorants. La substance chromophile forme dans le spermatozoïde mûr et parfait une lame mince, de constitution granuleuse, réfringente, occupant toute l'étendue en surface du disque, et plus ou moins ondulée. Elle est en effet souvent légèrement bombée supérieurement sur le point qui supporte la pointe ou épine supérieure. La substance achromatique forme à la face inférieure du disque achromatique une couche mince, transparente, inégale et à bords un

peu déchiquetés, qui constitue ce que j'appellerai la doublure inférieure. L'appendice supérieur ou pointe est aussi dépourvu de coloration. Mais il est brillant, homogène et paraît rigide et élastique. Dans les spermatozoïdes complètement développés, elle ne renferme pas des parties chromophiles. Nous verrons qu'il en est tout autrement dans les spermatozoïdes jeunes et en voie de développement.

Généralement les portions achromatiques, soit la lame ou doublure inférieure, soit l'épine supérieure, sont très minces et très réduites ; mais on trouve des spermatozoïdes où la doublure inférieure est plus épaisse et forme une sorte de tas, de masse plus ou moins conique (Pl. IX, 135, 136). Dans ce cas, la doublure a une constitution granuleuse et se colore quoique en faible proportion par les colorants nucléaires. Cette faculté de se colorer se limite souvent à la partie de la masse granuleuse, qui avoisine le plus directement le disque chromophile (Pl. IX, 91 à 95). Je signale ces faits parce qu'ils trouveront leur place et leur explication dans le mode très spécial de développement des spermatozoïdes des Carides.

Quant à la pointe ou épine supérieure, elle peut avoir un volume notable, et représenter un cône dont la base occupe toute la face supérieure du disque chromophile. Dans ce cas, le cone s'effile très rapidement et laisse apercevoir des stries longitudinales convergeant vers le sommet et paraissant être l'effet d'un étirement subi par l'appendice.

Telle est la forme générale des spermatozoïdes arrivés à maturité chez *P. serratus*.

Chez *P. Treillianus*, les spermatozoïdes sont construits exactement sur le même type, mais leur disque est moins aplati généralement, et il offre plus d'épaisseur. Toutefois le type et les détails de structure sont exactement comparables dans les deux cas.

Mais on rencontre, dans le testicule et même dans certaines régions du canal déférent, des spermatozoïdes qui diffèrent de ceux que je viens de décrire, soit par la forme générale, soit surtout par la constitution même du disque et de la pointe. A ces

égards on trouve un nombre presque infini de variétés dont je dois signaler les principales, parce que ces formes éclaireront les processus de spermatogenèse, et seront à leur tour éclairées par ces derniers.

Les variations portant sur la forme consistent en ceci, que le disque est plus ou moins mince ou épais et qu'il se rapproche plus ou moins de la forme sphérique. Mais ce qui frappe le plus et ce qui embarrasse singulièrement au début chez ces spermatozoïdes à disque épais, ce sont les variations considérables et très nombreuses qui existent dans les relations entre la partie colorable du spermatozoïde et les parties non colorables ou peu colorables.

On remarque en effet que la partie chromophile s'est délimitée en une couche formant une enveloppe granuleuse qui entoure presque tout le disque épais, excepté à la partie inférieure, où un orifice semble exister (Pl. IX, 97, 98, 169, 170, 171, 172, 177; Pl. X, 1, 2, 3, 4, 5).

Les bords de cet orifice sont parfois repliés en dedans et comme retroussés à l'intérieur (Pl. IX, 171, 175, 176, 177, 178).

Mais la substance enveloppée n'est point nettement achromatique. Elle se colore faiblement, et paraît renfermer de la chromatine en moindre quantité. Cette substance enveloppée est granuleuse et peu réfringente. Parfois dans son sein sont quelques grains chromophiles réfringents, identiques à ceux qui forment l'enveloppe (Pl. IX, 95, 173, 174; Pl. X, 28). Mais parfois au lieu de grains isolés on observe au sein de la substance peu colorée un véritable disque nettement distinct, très coloré et réfringent (Pl. IX, 99, 100, 101, 168, 179, 180, 181, 182, 183, 187). Ce disque inférieur peut atteindre par ses bords l'enveloppe chromophile et délimiter ainsi une cavité supérieure et un espace inférieur (Pl. IX, 159, 160, 161, 162, 163, 164; Pl. X, 16, 17, 18, 19). Dans ces cas-là, la cavité supérieure renferme généralement de la substance granuleuse légèrement chromophile, et la cavité inférieure de la substance granuleuse achromatique.

Il est des cas où le disque chromophile principal est inférieur et l'accessoire est supérieur (Pl. X, 10). Dans certains cas, le disque

inférieur plongé au sein de la substance granuleuse paraît renfermer une cavité en fente remplie de la même substance (Pl. IX, 184, 185, 186, 188).

Enfin, dans bien des cas, l'épine supérieure ou pointe renferme elle-même soit dans sa base, soit dans toute sa longueur, des grains chromophiles plus ou moins nombreux et très caractérisés (Pl. IX, 159, 160, 161, 164, 166, 169, 171, 179, 185, 188, Pl. X, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17).

Je ne puis songer à décrire les variétés innombrables de ces formes ; mais je résume ce qui ressort de leur examen. La substance chromophile est composée de grains plus ou moins tassés et agglomérés. Ces grains peuvent s'agglomérer dans divers points de la masse du spermatozoïde, soit à la surface, soit dans le centre, soit même dans la pointe ou épine. Cette agglomération peut se faire sur plusieurs points, mais elle tend ensuite à se concentrer de manière à former une couche unique ou disque plus ou moins aplati et horizontal. Les autres parties du spermatozoïde perdent peu à peu leur propriété chromophile, deviennent granuleuses et pâles.

Ce processus commence vers les parties inférieures, et s'étend ensuite jusqu'au voisinage du disque chromophile.

Il faut remarquer en même temps que cette substance, devenue achromatique, présente une surface libre inférieure inégale, déchiquetée, et qu'elle a toutes les apparences d'une matière qui se désagrège et se résorbe pour disparaître. Avec les progrès de ces processus se constitue le spermatozoïde parfait, dans lequel la partie chromatique s'est réduite à la lame mince du disque, supportant sur une face une pointe achromatique et sur l'autre face la lame inférieure mince et claire que j'ai désignée comme la doublure achromatique du disque. Ces deux parties achromatiques finissent par perdre leur aspect granuleux et prennent un aspect clair et homogène.

Ce sont là les processus de formation tels que les montre une observation un peu superficielle. Il reste à déterminer quelles sont

les parties de la cellule qui sont le siège de ces transformations et quels sont les processus intimes qui y président. C'est là une question délicate dont la solution présente de réelles difficultés. Les réponses qu'on y a faites le prouveront assez par les différences qu'elles présentent.

§ 3. — Modifications du deutospermatoblaste pour former le spermatozoïde.

Quelques formes observées pourraient faire croire que le processus de la spermatogenèse est chez les Carides essentiellement le même que chez les autres Décapodes : apparition dans le cytoplasme au voisinage du noyau d'une petite vésicule qui grandit, comprime le noyau et détermine une échancrure croissant avec la vésicule ; le noyau repoussé et comprimé, diminuant de volume, et perdant sa nucléine pendant que les parois de la vésicule se tapissent de grains chromophiles pour constituer la tête du spermatozoïde ; le cytoplasme fortement réduit, se bornant à former une couche mince à peine perceptible avec ou sans appendices filiformes ou prolongements rayonnés ; enfin le contenu de la vésicule se condensant vers l'axe vertical de cette dernière pour constituer la tigelle.

Des formes telles que fig. Pl. IX, 102, 103, 104, 105, 106 (*a a' a'' a'''*), 107, 108, 109, 110, 111, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 132, 133, 134, 142; Pl. X, 58, pouvaient faire croire à cette similitude.

En outre des figures comme Pl. IX, 124, 137, 138, 139, 141, 142, 143; Pl. X, 34, 81, pouvaient porter à considérer ces spermatozoïdes comme composés par des vésicules dans lesquelles le contenu s'était condensé pour former une tigelle plus ou moins accentuée.

La pointe de chacun de ces spermatozoïdes semblait aussi correspondre à l'appendice nucléaire (appendice médian de Grobben) qui représentait le noyau réduit, allongé et dépourvu de chromatine, comme cela se produit chez les Pagurides.

Il n'est pas douteux qu'il n'y eût là des rapprochements plausibles à première vue; et cela est si vrai que les zoologistes qui ont étudié ces faits ont considéré plusieurs de ces rapprochements comme exacts. Gilson notamment a représenté (Pl. XIII, 664, 668, 669) plusieurs spermatozoïdes avec des vésicules simples ou multiples qu'il a considérées comme analogues à la vacuole des autres Décapodes, et comme prenant également naissance dans le protoplasme.

Mais un examen attentif et une recherche opiniâtre des vraies homologies et des transformations m'ont démontré que ce n'étaient là que des apparences, et que les points de départ et les processus différaient notablement.

Voici en effet ce que mes observations m'ont clairement démontré :

Quand les deutospermatoblastes sont appelés à se transformer en spermatozoïdes, ils perdent leur forme sphérique et prennent une forme plus ou moins allongée ou ovoïde ; et le cytoplasme se porte vers une des extrémités et constitue l'extrémité aiguë de l'ovoïde, ne laissant sur le reste du noyau qu'une couche très amincie (Pl. X, 43, 45, 54, 55, 57, 61, 62). Cet allongement de la cellule s'accentue progressivement, si bien qu'à un moment donné elle a une extrémité aiguë et prolongée, et une extrémité renflée. La cellule est devenue claviforme (Pl. X, 20, 21, 22, 71, 72, 74, 76, 78, 81, 83). Elle a la forme d'une massue dont l'une des extrémités est sphérique ou à peu près, et dont l'autre est très aiguë.

Mais pendant ces changements généraux de la forme, se sont opérées des modifications notables dans le protoplasme et dans le noyau.

Le protoplasme a considérablement décru ; on en aperçoit de moins en moins à la surface du noyau, sauf au niveau de la pointe. A ce niveau le protoplasme est devenu transparent, clair; il a perdu ses granulations ; il a pris d'abord un aspect vacuolaire dû à la présence de son réseau très délicat que la disparition des granulations de l'enchylème a mis à nu et rendu plus évident (Pl. X, 45, 54, 55, 57, 67). Mais bientôt ce réseau s'efface lui-même à mesure

que le cône protoplasmique prend la forme aiguë et amincie. Ce cône fera partie de l'aiguillon du futur spermatozoïde, mais partie très peu importante, et appelée même à s'effacer presque complètement ou même complètement devant un autre élément dont nous allons constater l'origine.

Le noyau a subi des transformations très remarquables, et qu'il n'est pas toujours facile d'analyser. Il faut pour cela des cas favorables, des préparations excellentes et bien colorées, et de bons objectifs à immersion homogène.

Les phénomènes dont le noyau est le siège sont toujours les mêmes quant à leur nature; ils ne diffèrent que par des apparences et des modifications qui ne changent pas le caractère du processus. C'est chez *P. Treillianus* que j'ai pu le mieux observer le processus dont il s'agit. Voici ce que l'on constate dans les cas les plus favorables.

Le noyau, d'abord sphérique, tend le plus souvent à prendre la forme lenticulaire légèrement aplatie.

Mais c'est là une tendance qui n'est pas constante. La modification la plus remarquable consiste dans une *vésiculisation* d'un grand nombre de grains de la chromatine. Ces grains, en effet, tendent à former des vésicules plus ou moins volumineuses, et dans lesquelles la quantité de chromatine paraît disparaître en raison du volume et de l'âge de la vésicule. Ces vésicules, d'abord colorées, deviennent en effet de plus en plus pâles et incolores. Ces dernières paraissent remplies d'un liquide hyalin et clair, sans granulations (Pl. X, 20, 21, 22, 23, 43, 44, 45, 46, 54, 55, 71, 72, 74, 75, 76, etc.).

Ces vésicules se renflent, se fusionnent probablement pour former des vésicules plus considérables. Il résulte de là que le contenu du noyau grossit fortement et ne peut être contenu dans l'enveloppe nucléaire. Celle-ci se résorbe et disparaît d'abord sur des points déterminés, et particulièrement au pôle inférieur et au pôle supérieur du noyau. Aussi les vésicules s'échappent-elles par ces parties; et l'on aperçoit, au pôle inférieur surtout, une sorte de hernie nucléaire formée par les vésicules inférieures (Pl. X,

37, 38, 44, 45, 54, 55, 71, 72, 74, 75, etc.). Ces vésicules qui s'échappent et font hernie sont peu colorées ou même incolores. Quelques-unes, très volumineuses, provenant probablement de la coalescence de plusieurs vésicules donnent lieu aux formes déjà signalées (Pl. IX, 102, 103, 104, 105, 106 (*a″ a‴*), 112, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 142, 144, 159, 160, 161, 162, 164), qui ont fait croire à tort à l'existence chez les Carides d'une vésicule née dans le protoplasme comme chez les autres Décapodes.

Il est clair que ces grandes vésicules sont le résultat d'une rupture de l'enveloppe du noyau par suite de la vésiculisation des grains de nucléine. Mais les vésicules nucléiniennes, entraînant avec elles des grains nucléiniens, font également saillie par le pôle supérieur du noyau ; en effet, sous forme de très petites vésicules qui croîtront plus ou moins, elles pénètrent dans le cône protoplasmique, et en occupent d'abord la partie centrale sous forme de pointe (Pl. X, 21, 22, 23, 39, 40, 41, 42, 43, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 71, 72, 75, 76).

Ce transport des vésicules nucléiniennes et leur grossissement ont pour résultat de déplacer les grains de nucléine restants, de les tasser, de les disposer en couches plus ou moins irrégulières, de les refouler soit à la surface du noyau, soit dans le centre même de ce corps. De là toutes les formes si variées qu'on observe et que j'ai décrites dans les rapports des parties chromatiques ou achromatiques du spermatozoïde en voie de développement. Un des effets assez fréquents, c'est le refoulement des grains de nucléine à la surface du noyau, qui est alors entouré par une couche granuleuse plus ou moins épaisse, réfringente et très colorée. Toutefois cette couche présente le plus souvent au pôle inférieur une interruption d'étendue variable, par laquelle s'échappent les vésicules incolores (Pl. X, 43, 44, 45, 46). Dans d'autres cas les grains de nucléine sont au contraire conservés dans le sein même du noyau où ils forment une lame courbe convexe supérieurement. Cela vient de ce que les vésicules des zones supérieures et inférieures du noyau se sont fortement accrues, et ont refoulé vers la zone moyenne les

grains de nucléine. C'est ce que l'on voit clairement, fig. Pl. X, 39, 40, 41, 47, 48, 49, 50, 52, 56, 69.

La fig. Pl. X, 56 est particulièrement instructive. Elle montre la zone des vésicules fortement colorée, tandis que les zones supérieure et inférieure sont presque achromatiques. Parmi les vésicules inférieures, l'une grande est ouverte; et son contenu finement granuleux est visible. Les vésicules inférieures grossissent, deviennent pâles, et se détruisent, soit en se déchirant comme dans fig. Pl. X, 36, soit en se détachant de l'ensemble comme en fig. Pl. X, 23, soit en se résorbant sur place. Il résulte de là que la sphère qui représentait primitivement le noyau subit à ce niveau des pertes successives de substance, qui finissent par le creuser et lui donner la forme d'une voûte surbaissée, et le profil d'un croissant. La lame colorée formée par les grains de nucléine se tasse et s'amincit ainsi progressivement, tandis que la couche achromatique inférieure se réduit aussi à cette mince couche pâle et inégale que j'ai désignée comme doublure inférieure. Au-dessus de la lame chromatinée les vésicules deviennent également de plus en plus pâles, se confondent et se résorbent, ou ne laissent qu'une couche mince qui forme la base de l'aiguillon. Les grains et les vésicules qui ont pénétré dans ce dernier se confondent également en formant cet appendice effilé incolore et transparent. L'aiguillon est donc surtout formé par ces vésicules nucléiniennes ainsi que cela ressort des fig. Pl. IX, 124, 125; Pl. X, 26, 27, 28, 29, 39, 40, 41, 42, 64. Ces vésicules caudales sont parvenues dans l'appendice protoplasmique soit à l'état de vésicules, soit à l'état de grains nucléiniens qui se sont ensuite vésiculisés. Il est probable qu'une très mince couche de protoplasme reste à la surface de l'aiguillon et surtout à son extrémité; mais cette partie protoplasmique est certainement très réduite.

Tel est le processus de formation le plus évident. Mais il est des cas où il est moins aisé de saisir les particularités du processus.

On trouve en effet dans les culs-de-sac testiculaires eux-mêmes des spermatozoïdes en voie de développement composés d'une

sphère surmontée de l'aiguillon (Pl. IX, 124, 125, 137 à 143, 145, 154 à 157; Pl. X, 24 à 30, 33, 36, 66, 77 à 81).

Ces sphères ont parfois une couche périphérique nucléinienne peu prononcée et composée de petits grains; mais cette couche est très inégale, irrégulière et inconstante. Elle est interrompue au pôle inférieur. Elle est surtout accentuée vers la base de l'aiguillon. Nous l'avons déjà observée, mais ici elle est généralement très mince. Ce qui frappe dans ces sphères qui dérivent directement du noyau, c'est leur faible coloration. La coloration s'y montre sous l'aspect de lignes très fines dirigées du pôle supérieur au pôle inférieur, et disposées soit verticalement, soit en lignes courbes méridiennes, soit même en courbes à concavité externe. Ces stries sont parfois d'une coloration assez marquée mais le plus souvent faible et même très faible. Elles sont formées par des séries de fins granules de nucléine. Cette disposition est due à la disposition en séries de fines vésicules incolores, de même nature que celles que nous avons déja vues résulter de la vésiculisation des grains de nucléine. Ces vésicules sont en effet disposées suivant des séries parallèles qui deviennent très manifestes dans certains cas. Les fig. Pl. X, 23, 24, 37, 59, 60, 71, 72, 73, 74, 75, 76 permettent de saisir nettement cette disposition en séries des vésicules soit grandes, soit petites. Les petites vésicules comme les grandes tendent à s'échapper, à faire hernie par le pôle inférieur, et à se confondre pour se détruire et disparaître, produisant à ce niveau une ou plusieurs échancrures qui vont grandissant. De là résultent les formes Pl. IX, 137, 138, 139, 140, 142, 144, 145, 154, 155, 156, 157, 158; Pl. X, 34, 36, 37, 38, 59, 60. Quelques grains et quelques vésicules pénètrent ainsi dans le cône supérieur pour contribuer à la constitution de l'aiguillon et de sa base.

A mesure que l'échancrure inférieure grandit, à mesure aussi se concentrent et se restreignent les grains de nucléine, d'où les formes Pl. IX, 150, 151, 152, 153, dont le bord inférieur présente des échancrures résultant évidemment de la déchirure et de la destruction de plusieurs grandes vésicules qui proviennent de la fusion d'un grand nombre de petites. Les fig. Pl. IX, 146;

Pl. X, 30, 31, 32, 33 représentent des formes semblables. La fig. Pl. IX, 150 est particulièrement intéressante, en ce qu'elle montre nettement trois séries de grains de nucléine, qui résultent évidemment de l'agglomération des stries fines parallèles, soit en trois traînées plus volumineuses, soit en une lame courbe à la concavité de laquelle ces traînées sont suspendues.

Il faut noter que l'accumulation des grains de nucléine en séries ou lignes devient souvent plus accentuée sur l'axe vertical de la sphère; de là des formes qui pourraient être prises pour des tigelles (Pl. IX, 138, 139; Pl. X, 34, 81) comparables à celles que nous avons vues se développer suivant le diamètre vertical de la vésicule des autres Décapodes. Mais ce n'est là qu'une apparence, car la prétendue tigelle des Carides est une formation qui occupe l'axe même du noyau et non l'axe de la vésicule.

La disposition en séries des grains de nucléine et des vésicules n'est pas un fait constant, et que l'on retrouve dans tous les spermatozoïdes. Les formes à grandes vésicules que j'ai décrites en premier lieu ne la présentaient pas. On peut se demander quelle est la cause de cette différence.

Je crois qu'il est convenable de l'expliquer en pensant que la fusion des petites vésicules en grandes vacuoles détermine dans la masse du noyau une sorte de brouillage, et des déplacements qui masquent, et même font disparaître la disposition sériée. Il est, en effet, bon de remarquer que cette disposition est d'autant plus constante et régulière que les vésicules sont plus petites, et que, encore assez visible dans les noyaux à vésicules moyennes, elle cesse d'exister dans les noyaux à grosses vésicules. Des figures comme Pl. X, 38, 59, 60, 72, 74, 75, 76, montrent cette fusion progressive des vésicules et la disparition consécutive de la disposition sériée.

Les observations précédentes ont été faites sur *P. Treillianus*. Chez *P. serratus* les faits sont de même nature, mais se présentent avec une netteté moindre, ce qui me paraît dû à cette condition que les grains de nucléine, au lieu de se transformer en vésicules claires, transparentes et réfringentes, se distinguant facilement des grains

nucléiniens qui les entourent, se transforment ici en petites masses irrégulières de substance finement granuleuse, qui perd peu à peu sa coloration. Aussi à côté de la substance réfringente colorée qui forme des enveloppes, des lames, des grains, trouve-t-on ici des masses finement granuleuses, soit faiblement colorées, soit incolores, faisant hernie au pôle inférieur du noyau, et ayant un aspect déchiqueté et désagrégé, qui est un symptôme de résorption ou de séparation, de destruction (Pl. IX, 91 à 95, 126 à 129, 147 à 149, 179 à 181).

Néanmoins il se forme aussi parfois des vésicules qui viennent saillir et crever au pôle inférieur ainsi qu'en témoignent les fig. Pl. IX, 102, 103, 104, 106 (*a″*, *a‴*), 109, 110, 112, 132, 133, 134. Ici les condensations centrales des grains de nucléine ne se font pas généralement suivant l'axe vertical du noyau, mais suivant un plan équatorial, c'est-à-dire suivant une lame parallèle à la lame supérieure. Ces deux lames, d'abord distinctes (Pl. IX, 159 à 164; Pl. X, 16 à 19), seront plus tard fondues en une seule, par suite de la résorption ou de la disparition de la substance granuleuse achromatique qui les sépare (Pl. X, 63).

Ces différences sont de peu d'importance, car les vésicules du ***P. Treillianus*** ont aussi un contenu granuleux, mais plus fin, plus clair, où la part du liquide est plus importante que chez le ***P. serratus***. Le processus est donc essentiellement le même dans ces deux espèces; et je me crois autorisé à induire de là que chez les autres Carides l'essence du processus est toujours la même.

J'ai cru devoir insister sur cette étude, et ne pas négliger les détails, parce qu'il importait d'expliquer les formes si diverses qui frappent l'œil de l'observateur, et surtout parce qu'il convenait de prévenir des méprises que des apparences trompeuses ne sont que trop de nature à provoquer.

De cette étude du processus de la spermatogenèse chez les Carides, nous voyons donc qu'il résulte :

1° Que le protoplasme de la cellule spermatique ne tient qu'une place bien effacée dans la constitution du spermatozoïde;

2° Que le noyau de la cellule le constitue presque tout entier, mais après avoir subi une réduction considérable de sa substance tout entière, et plus particulièrement de sa nucléine, qui est détruite par des processus spéciaux, et dont il ne reste qu'une faible partie constituant la lame mince ou tête. L'aiguillon paraît provenir surtout, sinon exclusivement, de vésicules nucléiniennes devenues achromatiques.

Il n'y a donc ici aucune vésicule née dans le protoplasme; mais on peut se demander si le fait de la vésiculisation d'un grand nombre des grains nucléiniens du noyau ne serait pas de nature à faire penser que la vésicule ou vacuole des autres Décapodes n'est autre chose qu'un grain de nucléine échappé du noyau et subissant aussi la vésiculisation. A cela je crois devoir faire une réponse négative.

L'assimilation entre les vésicules des Carides et celles des autres Décapodes ne peut se faire d'une manière plausible ; car l'avenir et la vie de ces deux ordres de formation dénoncent entre elles des différences considérables de nature et d'aptitudes.

1° Les vésicules des Carides se développent dans le noyau et non dans le cytoplasme.

La vésicule des Décapodes se développe dans le cytoplasme et non dans le noyau.

2° Les vésicules des Carides sont appelées à se désagréger, à se résorber, à se détruire et à disparaître.

La vésicule des Décapodes croît, se développe, se consolide et reste comme partie capitale et permanente du spermatozoïde.

3° Les vésicules des Carides perdent bientôt leur pouvoir chromophile et deviennent achromatiques et dépourvues de nucléine.

La vésicule des Décapodes devient de plus en plus riche en nucléine depuis son début jusqu'à son complet développement. Les parois se recouvrent d'un riche crépissage de nucléine, et dans son centre se déposent aussi des grains et masses de nucléine constituant la tigelle.

Ces différences me paraissent de nature à repousser toute assimilation.

Il résulte donc de cette étude que la spermatogenèse des Carides diffère notablement de celle des autres Décapodes, et que tandis que chez ces derniers c'est un élément d'origine cytoplasmique (la vacuole) qui devient prédominant et forme la tête, chez les Carides c'est le noyau très réduit et transformé qui constitue cette dernière.

Ce qu'il y a de commun dans les deux groupes, c'est une réduction du noyau, qui chez les Décapodes peut aller jusqu'à une atrophie totale : et dans les deux cas encore la constitution du spermatozoïde résulte de la perte, de l'élimination d'une ou de plusieurs parties de la cellule primitive, chez les Décapodes du noyau surtout, chez les Carides du cytoplasme surtout.

Ajoutons que néanmoins, dans les deux cas, le spermatozoïde ne se forme pas sans l'apport, sans le concours d'une quantité de cette forme du protoplasme que l'on nomme nucléine, que cette forme vienne se révéler dans le noyau lui-même, ou dans le cytoplasme (vacuole).

§ 4. — Exposé et critique des travaux antérieurs sur la spermatogenèse des Carides.

Il me reste maintenant à exposer et à critiquer ce qui a été publié avant ce travail sur la spermatogenèse des Carides.

Grobben a étudié les spermatozoïdes de quelques Carides et présume que ces éléments ont la même forme chez tous les représentants du groupe. Ce sont des éléments claviformes avec un corps en forme de coupe ou hémisphérique qui enveloppe la tête de même forme. Au sommet de la face convexe dirigée *en bas*, ce corps porte un prolongement aigu d'une longueur et d'une force variables suivant les espèces. Cette pointe unique peut être située au pôle inférieur (postérieur) du spermatozoïde comme une queue rudimentaire, et comme homologue de la queue des spermatozoïdes filiformes des Mysis.

Cet appendice unique permettrait d'établir que la somme des prolongements radiés des spermatozoïdes des Décapodes correspond à la queue vibratile des spermatozoïdes des Vertébrés. L'étude du développement démontre suffisamment pour Grobben que l'aiguillon des Carides n'est pas du tout l'homologue de l'appendice médian (appendice nucléaire *mihi*) des autres Décapodes.

Il pense que c'est le protoplasme qui enveloppe la tête du spermatozoïde; chez le Palémon cette enveloppe se distingue bien comme une mince enveloppe. Le carmin colore en rose la tête, et ne colore pas le protoplasme qui l'environne.

Grobben n'a observé que quelques stades du développement du spermatozoïde du *P. rectirostris*. La substance nucléaire se rassemble, se concentre à l'un des pôles, et s'empare très vraisemblablement, comme chez les Squilles, des restes liquides du noyau. La sphère pâle, située à côté de la masse globuleuse d'albumine, est le reste du noyau, car le carmin le colore en rose, tandis que la nucléine se colore en rouge foncé, et le corps de la cellule reste incolore.

Au point où naît l'aiguillon, le protoplasme de la cellule est plus foncé. Là naît une petite éminence qui s'allonge ensuite. La tête s'aplatit et devient à peu près cratériforme.

On voit donc que Grobben n'a pas reconnu le processus de formation des parties achromatiques des spermatozoïdes, puisqu'il les considère comme représentant le protoplasme. Il a vu une vésicule pâle se colorant en rose, et il l'a considérée comme le reste du noyau que la nucléine a abandonné. C'est, en effet, une portion qui tire son origine du noyau. Mais cette vésicule, quand elle existe sous cette forme (ce qui est rare), résulte de la coalescence, de la fusion de vésicules multiples résultant de la vésiculisation des grains de nucléine, tandis que Grobben croit que toute la nucléine a été réunie vers un pôle du noyau.

Le processus de formation des parties achromatiques du spermatozoïde lui a complètement échappé ; et il les prend à tort pour des dérivés du protoplasme de la cellule.

Quant à l'aiguillon, nous avons vu qu'il était réellement l'homo-

logue de l'appendice nucléaire ou appendice médian, puisqu'il est au fond formé par une partie du noyau qui finit par se déchromatiser. Nous savons, en effet, que l'appendice médian est essentiellement constitué par le noyau déchromatisé recouvert ou non d'une mince couche de protoplasme, tandis que les prolongements radiés sont uniquement et essentiellement d'origine protoplasmique. Si l'aiguillon est l'appendice nucléaire, nous devons le placer au pôle supérieur du spermatozoïde et non comme Grobben à son pôle inférieur.

Hermann[1] consacre à peine quelques lignes aux spermatozoïdes des Carides. Il dit simplement qu'il serait disposé à considérer l'épine acérée et réfringente des Palémonides comme dérivant de la vésicule céphalique. Il ne pense pas qu'on puisse la comparer à un filament caudal de spermatozoïde filiforme comme celui des Locustiens.

Mais nous savons que chez les Carides il n'y a pas une vésicule céphalique homologue de celles des autres Décapodes. Il ne saurait donc y avoir de parties qui en dérivent.

Gilson reconnaît que chez les Carides la cellule spermatique passe d'une forme sphérique à une forme aplatie, et que sur l'une des faces apparaît un appendice effilé.

Pour lui l'appendice est un prolongement du cytoplasme. L'aspect brillant et homogène, la rigidité et l'élasticité qu'il possède à la maturité, il les doit à des modifications internes du cytoplasme. Nous savons combien cette opinion est incomplète et erronée.

Le noyau s'aplatit, et l'élément nucléaire se fragmente et se dissout dans le plasma du noyau ; et à la fin le noyau rétracté et aplati présente un aspect homogène.

Gilson n'a donc pas aperçu que cette disparition de la nucléine, et sa localisation en une couche mince étaient dues au mécanisme de

[1] G. Hermann ; Note sur la structure et le développement des spermatozoïdes chez les Décapodes (Travaux du laboratoire de Wimereux). *Bulletin scient. de la France et de la Belgique,* tom. XXII, 1890.

la vésiculisation des graines de nucléine ou à sa transformation en masses granuleuses. Il remarque cependant que les noyaux finissent par perdre la propriété de se teindre intensément par le vert méthyle.

Quant au protoplasme, Gilson n'a pas, dit-il, tous ses apaisements au sujet des modifications qu'il présente.

Il a cependant souvent observé une grande vacuole sous le noyau, et il incline à penser qu'elle prend naissance dans le protoplasme comme chez les autres Décapodes, tout en reconnaissant que ce point réclame de nouvelles investigations. Cette vacuole se résorbe ou crève, et il n'en reste pas de trace.

Dans les spermatozoïdes mûrs, ce qui reste sous le noyau est un bourrelet de cytoplasme.

Le protoplasme de la cellule devient hyalin et se réduit beaucoup.

Gilson s'est donc trompé sur la nature et l'origine de la vésicule claire placée sous le noyau. Sa fig. 669, s'il l'eût bien remarquée, et s'il eût multiplié ses observations, lui eût révélé que ces vésicules multiples n'étaient que des grains de nucléine vésiculisés et s'échappant d'un noyau désagrégé.

Ces observations insuffisantes et les notions erronées qui en résultent conduisent Gilson à de fausses homologies.

Pour lui le disque correspond au corps cytoplasmique du spermatozoïde d'*Astacus* qui renferme le noyau et la vésicule.

L'aiguillon est l'homologue des prolongements radiés des autres Décapodes.

Nous savons au contraire que le disque des Carides est exclusivement ou presque exclusivement d'origine nucléaire, tandis que le corps du spermatozoïde d'*Astacus* est exclusivement vésiculaire. Chez les Carides la vésicule cytoplasmique n'existe pas; chez *Astacus* le noyau a disparu.

L'aiguillon est surtout d'origine nucléaire, ce qui explique son aspect et sa réfringence. Il n'est donc pas l'homologue des prolongements radiés des autres Décapodes.

L'aiguillon est réellement l'homologue de l'appendice nucléaire (appendice médian de Grobben).

Dans une monographie intéressante du *Crangon vulgaris* Fabr., le Dr Ernest Ehrenbaum [1] a consacré quelques lignes à la description et au développement des spermatozoïdes de ce Caride.

En voici le contenu :

«Les canaux testiculaires sont bourrés de cellules séminales dont le diamètre mesure de 10 à 21 μ, qui *proviennent de l'épithélium de la paroi testiculaire*, et qui forment les spermatozoïdes. Grobben et Sanders ont décrit le processus de ce développement chez des Palémons. Il se fait chez le Crangon exactement de la même manière (in ganz ähnlicher Weise). Les cellules séminales possèdent un très gros noyau, ayant un aspect finement granuleux dû à de nombreux corpuscules nucléaires. Autour du noyau se trouve une mince zone de protoplasme homogène à reflet bleuâtre, dans lequel se voient parfois des vacuoles. Dans le noyau la masse granuleuse s'agglomère bientôt, se sépare de la partie liquide, et se transporte à un pôle de la cellule. Là elle perd son aspect granuleux, devient homogène, et se trouve placée à la périphérie de la cellule comme un petit croissant. Ou bien elle se retire dans une évagination en forme de petite tête de la paroi cellulaire. En même temps le plasma de la cellule semble s'être confondu avec le liquide sorti du noyau. A ce stade les cellules renferment très souvent des anneaux ou des traînées d'une substance très réfringente qui semble provenir du conduit éjaculateur. »

« Le spermatozoïde, complètement développé, possède sur le pôle vers lequel s'est retiré le noyau une pointe fine qui fait saillie hors de la cellule. Le noyau lui-même paraît avoir disparu. Cependant les colorants en révèlent les restes à la base de la pointe. La tête du spermatozoïde forme une vésicule à paroi extrêmement délicate, aplatie supérieurement, ayant de 9 à 10 μ de grand diamètre, et 5 μ d'épaisseur. L'aiguillon a aussi 5 μ de longueur. La base est légèrement épaissie. Vue d'en bas, la tête du spermatozoïde paraît présenter de légères échancrures sur les bords. Siebold

[1] Dr Ernst Ehrenbaum ; *Zür Naturgeschichte von Crangon vulgaris* Fabr. *Mittheilungen der Sektion für Küsten med. Hochseesischerei*, 1890.

a fort bien décrit ces spermatozoïdes de *Crangon vulgaris* (*Lehrb. d. vergleich. Anat. d. wirbellosen Thiere.* Berlin, 1883). »

« Les spermatozoïdes bien developpés se trouvent presque en toute saison en prodigieuse quantité dans la partie élargie des canaux déférents. Là ils sont enveloppés par les cellules glandulaires des parois d'une sécrétion qui les réunit sous forme de masses allongées, les spermatophores, dont on a constaté l'existence chez presque tous les Décapodes. »

N'ayant pas observé le développement des spermatozoïdes chez *Crangon vulgaris*, je ne puis critiquer directement les observations du Dr Ehrenbaum. Mais si, comme il est fort probable, la spermatogenèse ne diffère pas essentiellement chez ce Crustacé de ce qu'elle est chez les Carides que j'ai étudiés, voici les réflexions que je crois devoir présenter à ce sujet :

Ehrenbaum me paraît avoir pris pour un cas général des cas assez rares, où les vésicules se fondent de bonne heure en une seule qui refoule la nucléine granuleuse comme une calotte (croissant) ou une tête saillante sur un des pôles du noyau. J'ai vu quelques cas semblables très rares chez *P. Treillianus* (Pl. X, 58) et chez *P. serratus*. En outre, Ehrenbaum croit que ce résultat est dû à la séparation de la partie granuleuse et de la partie liquide du noyau. Il n'a pas vu qu'il s'agissait de la destruction de la nucléine par voie de vésiculisation.

Il ne s'est pas rendu un compte exact du rôle joué par le protoplasme, et ne s'est pas aperçu qu'il disparaissait presque complètement. Ces anneaux ou traînées réfringentes, dont il attribue l'origine au conduit éjaculateur, me paraissent n'être autre chose que des lames secondaires de concentration de grains nucléiniens que j'ai si souvent observées dans le sein du noyau où la nucléine est en voie de vésiculisation. J'en ai dessiné de très nombreux exemples.

Ehrenbaum reconnaît que le noyau semble avoir disparu, mais qu'il en reste quelque trace révélée par les colorants. Il eût été plus exact de dire la nucléine, car la masse du spermatozoïde parfait est

presque entièrement formée par le noyau ou des produits dérivés du noyau. C'est le protoplasme qui a disparu.

Ehrenbaum décrit l'aiguillon, sans dire un mot de son origine et de sa nature ; il paraît le croire d'origine protoplasmique, puisque pour lui le noyau a disparu. Nous savons que l'aiguillon est surtout nucléaire.

Enfin il pense que le Crangon a des spermatophores. Ce n'est pas conforme à ce que Gilson et moi avons observé chez d'autres Carides. Je dois ajouter que les quelques mots qu'il consacre à ces spermatophores n'ont rien de concluant. Il parle en effet de longues masses blanches en forme de boudin (*lange wurstformige weissliche Masse*) qui rappellent bien plus exactement les masses spermatiques en cordon de l'Ecrevisse et des Décapodes sans spermatophores, que les masses spermatiques ovoïdes ou sphériques des Pagurides et des Brachyures.

Je crois d'ailleurs qu'il ne faut pas attacher à ces différences de formes une importance quelconque, car le fait essentiel, c'est l'*enrobement* de la masse spermatique dans une substance sécrétée capable de se durcir, substance qui tantôt reste cylindrique, tantôt est divisée en boules ou masses distinctes par les contractions intermittentes et localisées de certaines portions des conduits déférents.

TROISIÈME PARTIE.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET CONCLUSIONS

L'étude spéciale que je viens de faire de la spermatogenèse chez un nombre déjà important de Crustacés décapodes appartenant à divers genres est de nature à nous permettre de formuler quelques propositions générales qui doivent être la conclusion logique de cette série d'études particulières.

Je dois, en premier lieu, revenir sur la question générale de l'origine des spermatoblastes, puisque, ainsi que je l'ai annoncé à la fin de la première partie de ce travail, l'opinion de Grobben, Gilson, Hermann, qui est aussi la mienne, vient d'être récemment combattue par le Dr Otto vom Rath [1] et plus récemment encore par v. la Valette Saint-George [2]. Je vais d'abord exposer les vues de ces auteurs ; je les discuterai ensuite.

Tandis que Grobben, Gilson, Hermann et moi-même, avons considéré les noyaux du blastème comme l'origine des spermatoblastes, vom Rath et v. la Valette Saint-George repoussent cette manière de voir.

Pour vom Rath, elle ne paraît pas acceptable, parce que les noyaux du blastème se multiplient par division amitotique, et qu'une cellule qui a subi une fois la division amitotique est condamnée à mourir ; elle peut encore se diviser quelquefois par voie directe, mais elle périt bientôt immanquablement. Il n'est pas croyable que des noyaux de cellules qui se sont divisés une fois amitotiquement doivent ensuite se diviser mitotiquement ; et par

[1] Otto vom Rath ; *Ueber die Bedeutung der amitotischen Kerntheilung im Hoden*. Zoologischer Anzeiger (21 sept., 5 octobre, 19 octobre 1891).

[2] V. la Valette Saint-George ; *Ueber innere Zwitterbildung beim Flusskrebs*. Archiv. f. mikr. Anatomie, 26 april 1892.

conséquent tout élément qui dans le testicule se divise amitotiquement ne saurait appartenir aux phases de début de la spermatogenèse proprement dite.

Vom Rath distingue dans le testicule d'*Astacus*, arrivé à la maturité sexuelle, deux sortes de cellules *essentiellement* différentes les unes des autres : les cellules spermatiques proprement dites, *Samenbildungszellen* ou spermatogonies, spermatoblastes de Grobben, et les cellules marginales ou de soutien (*Rand-oder Stützzellen*), qui sont situées entre les premières, et qui répondent à ce que d'autres ont appelé cellules du follicule, cellules basales, cellules pédales (*Follikelzellen*, *Basalzellen*, *Fusszellen*). Ces dernières sont les germes de remplacement de Grobben.

Or, ces cellules marginales ne se transforment pas en spermatogonies, comme l'avait cru Grobben. Ce sont des noyaux plongés dans un protoplasme indivis, mais se colorant très vivement et rappelant beaucoup les noyaux des cellules glandulaires. Leurs formes anguleuses et leur vive coloration les distinguent toujours des noyaux des spermatogonies.

Quelle est donc la source de la régénération des nouvelles spermatogonies ? Les spermatogonies ne proviennent que de spermatogonies. Celles qui remplissent le testicule en août se segmentent par mitose pour se transformer en spermatocytes. Mais parmi elles il en reste toujours dans chaque follicule un petit nombre qui ne changent pas, et qui resteront telles pendant toute la durée des phases de la spermatogenèse. C'est de ces spermatogonies restées quiescentes que proviendra plus tard la régénération des nouvelles spermatogonies.

Quant aux noyaux marginaux, ils restent d'abord les mêmes ; mais quand commencent à apparaître les spermatides ils grossissent, deviennent géants et se divisent amitotiquement. Vom Rath a remarqué comme moi, mais après moi [1], que cette division ne se

[1] A. Sabatier ; *D'un mode particulier de la division du noyau chez les Crustacés*. Communication à la section de Zoologie du Congrès tenu à Paris par l'Association française en 1889.

faisait pas chez *Astacus* par voie d'etranglement, mais par une sorte de coupure. Ainsi se forment des groupes de noyaux vivement colorés. Mais bientôt la chromatine disparaît, ils deviennent clairs, sont envahis par des vacuoles, perdent leur membrane, et finalement il ne reste d'eux qu'une masse muqueuse se colorant uniformément par l'hématoxyline, et dans laquelle reposent les éléments du sperme. Il y a donc un ***émiettement***, une ***décomposition*** du noyau, d'où résultent des figures qui rappellent fortement les ***corpuscules résiduels*** des auteurs.

Cependant les spermatogonies persistantes ont grossi et commencent à se diviser mitotiquement ; mais cela ne se fait pas brusquement et simultanément, mais bien plutôt ***lentement***, les ***unes après les autres*** ; et ainsi se forme peu à peu une nouvelle génération, une nouvelle couvée de jeunes spermatogonies, qui forment peu à peu le contenu principal du testicule, puisque les noyaux marginaux se détruisent, et que les spermatozoïdes sont expulsés.

La nouvelle formation de spermatogonies a donc lieu par suite de divisions mitotiques successives ***mais rares*** ; l'ensemble du processus de régénération ne se produit donc ***très lentement***, et les changements qui se produisent dans le testicule de janvier à juin sont à peine perceptibles (***scheinbar nur geringfugige***).

Vom Rath n'a vu à aucune époque de l'année aucun indice d'une transformation de noyaux marginaux ou spermatogonies, telle que l'admettent Grobben, Gilson et moi-même.

Mais puisque les cellules marginales du follicule ont ***toutes*** été détruites, d'après vom Rath, d'où proviendront les cellules semblables que l'on va observer dans le même follicule ? Ici l'auteur du mémoire est vraiment embarrassé.

Et voici les solutions qu'il ***imagine***. Le canal excréteur du follicule a un épithélium très semblable à celui du follicule et est composé comme ce dernier de deux sortes de cellules marginales. Or il a souvent remarqué sur le lieu de transition entre le follicule et le canal excréteur une ***étonnante accumulation*** de cellules produites par voie amitotique; et il lui ***paraît vraisemblable*** que du conduit excréteur de nouveaux noyaux émigrent dans le follicule pour

remplacer les cellules marginales qui ont *été consommées*. On peut encore se figurer (sich denken), dit-il, que la régénération des cellules marginales est due à la division mitotique des spermatogonies restées stationnaires et non transformées, division mitotique qui formerait aussi bien de nouvelles spermatogonies que de nouvelles cellules marginales.

En terminant, vom Rath résume ainsi son opinion :

« Dans tous les cas où une division amitotique est observée dans le testicule, elle n'a lieu que sur des cellules marginales (Randzellen ou Stützzellen). Ces dernières ne sont en rapport direct, ni avec la spermatogenèse proprement dite, ni avec les phénomènes de régénération. La formation du sperme ne se fait que par une voie mitotique, et il en est de même de la régénération. Une transformation des cellules marginales ou cellules de soutien en spermatogonie n'a jamais lieu. Par conséquent la division nucléaire amitotique dans le testicule ne constitue en aucune façon une exception relativement à sa signification biologique, et n'est pas un obstacle à une interprétation unique de la division amitotique. »

Les propositions qui précèdent sont susceptibles d'un très grand nombre de critiques, et je devrai me borner à réfuter les points principaux. Elles ont le tort d'avoir pour point de départ cette idée préconçue et trop généralisée, que tout élément qui a subi la division amitotique ne saurait poursuivre son développement, et est appelé à périr. Les propositions de vom Rath sont évidemment dictées par le désir de supprimer une exception gênante à une assertion que l'on tient à considérer comme absolue.

Un second reproche que mérite le travail de vom Rath, c'est de ne reposer, pour les Crustacés au moins, que sur l'examen d'*Astacus*. Or c'est là un sujet d'observation qui laisse à désirer ; et il convient de contrôler par l'étude d'autres Décapodes les observations faites d'abord sur lui. L'Écrevisse en effet ne peut être observée facilement à l'état de nature, et dans son milieu normal, que pendant les mois chauds de l'année ; pendant les mois froids d'automne, d'hiver et de printemps on n'a à sa disposition que des animaux conservés dans des aquariums, et l'on sait com-

bien la vie en captivité, à des températures artificielles, et avec une nourriture inusitée et abondante, peut modifier et modifie dans bien des cas les processus des phénomènes reproducteurs, et la spermatogenèse en particulier. Or les observations qui font surtout la base de la théorie de vom Rath ont précisément porté sur ce qui se passe dans le testicule d'*Astacus* pendant ces mois de l'année, de janvier à juin particulièrement, puisque c'est alors que se produisent d'après l'auteur les divisions lentes des spermatogonies restées stationnaires qui doivent fournir la nouvelle génération de spermatogonies. C'est à cette circonstance de la vie en captivité que j'attribue en effet la formation de ce que j'ai appelé les nids de l'arrière-saison qui proviennent cependant de germes (= cellules marginales) et non de protospermatoblastes (spermatogonies).

Vom Rath présume qu'il reste toujours au sein de tout follicule testiculaire un petit nombre de spermatogonies qui sont dans un état stationnaire et ne se divisent pas. Cette proposition est beaucoup trop générale ; et il faudrait pour la compléter que tout au moins le siège de ces spermatogonies de réserve fût indiqué d'une manière précise. Cela a de l'importance, ainsi que nous allons le voir.

Les prétendues spermatogonies de réserve sont forcément ou centrales ou périphériques.

Examinons les cas où elles seraient centrales, c'est-à-dire où elles seraient prises au sein de la masse des spermatogonies de la génération présente. Mais alors, si le fait mentionné par vom Rath était exact, on devrait toujours rencontrer quelques-unes de ces spermatogonies stationnaires mêlées à la masse des spermatozoïdes; or, c'est ce qui n'a pas lieu.

On rencontre parfois, mais très rarement pourtant, quelques spermatogonies restées intactes au milieu des deutospermatoblastes; mais il ne s'agit là que d'un retard de peu d'importance. Il n'est certes pas étonnant que, dans un groupe considérable de cellules, il y en ait quelques-unes qui restent ***un peu en arrière*** dans la marche des processus, sans qu'elles soient pour cela appelées à

des destinées différentes de celles de l'ensemble auquel elles appartiennent. C'est là un fait qui se produit assez généralement au sein de tous les tissus.

En outre, ces spermatogonies stationnaires centrales noyées au milieu des spermatozoïdes auraient grande chance d'être parfois entraînées avec ces derniers dans les canaux excréteurs. Or j'ai bien observé quelquefois de ces spermatogonies attardées situées au milieu des deutospermatoblastes ; mais il ne m'est jamais arrivé d'en voir au milieu des spermatozoïdes, et à plus forte raison dans les canaux excréteurs. La raison en est simple ; c'est qu'elles ont subi un peu plus tard les phénomènes du processus normal. Ce ne sont pas des spermatogonies ***stationnaires***, comme le croit vom Rath ; ce sont de simples ***retardataires***, des spermatogonies légèrement attardées.

Arrivons maintenant au cas où ces prétendues spermatogonies de réserve sont périphériques et appliquées contre la paroi du follicule. Tout me porte à penser que ce sont bien celles que vom Rath a observées dans les acini remplis de spermatozoïdes. Ces spermatogonies sont en rapport avec la membrane propre de l'acinus, et plus ou moins entourées par des noyaux du blastème, mais l'erreur de vom Rath est d'avoir regardé ces spermatogonies comme appartenant à la génération qui vient de fournir les spermatozoïdes. Ce sont au contraire des cellules qui proviennent de la transformation de quelques-uns des noyaux du blastème ou germes destinés à fournir la génération suivante. Ce sont des spermatogonies ***précoces*** et pour ainsi dire prématurées, et non des spermatogonies stationnaires et arrêtées. Chez l'Écrevisse captive, cette formation précoce est si fréquente qu'elle constitue la règle, elle est plus rare chez les Décapodes marins, observés en liberté. Mais un caractère qui permettra toujours de distinguer ces spermatogonies précoces de celles qui ont fourni les spermatozoïdes présents, c'est la délimitation très nette, et très régulière, qui sépare la couche protoplasmique où elles sont plongées en même temps que les noyaux germes, d'avec la masse qui renferme des spermatozoïdes. Une observation attentive permettra toujours de reconnaître cette

limite, que j'ai d'ailleurs représentée dans plusieurs de mes dessins (Pl. I. 11, 17, Pl. II. 5, 9, Pl. III, 4, 8).

Avant d'admettre que ces spermatogonies marginales sont des éléments stationnaires, il eût fallu réfléchir combien cette proposition pourrait être difficilement acceptée au point de vue des conditions bien connues de la nutrition et du développement des tissus constitués comme la glande testiculaire des Arthropodes. On ne saurait, en effet, se refuser à connaître que dans un organe ainsi composé, les éléments situés en contact avec la paroi membraneuse ne soient ceux qui sont le mieux et le plus abondamment nourris, et dont la situation les porte à être le siège de l'activité vitale la plus accentuée. On peut dire que, dans de tels organes, c'est-à-dire dans les organes glandulaires, l'activité nutritive et formatrice décroît de la périphérie au centre. Dans tous ces organes, en effet, c'est près de la membrane, c'est-à-dire au voisinage des liquides nourriciers que les éléments se divisent, se multiplient, se renouvellent activement. Or ce serait précisément là, s'il fallait en croire vom Rath, que les spermatogonies auraient des chances de rester stationnaires. Pour ma part, je ne saurais l'admettre, et l'on trouvera certainement avec moi que le rôle actif, et de vitalité intense que je fais jouer aux éléments attachés à la paroi (noyaux du blastème) est bien plus en harmonie avec la situation privilégiée de ces éléments au point de vue nutritif.

Dans tous les cas, j'affirme n'avoir jamais remarqué qu'un groupe de spermatogonies nouvelles se formât ainsi par la division successive d'une première spermatogonie.

Tout un ensemble de conditions devrait être réalisé pour qu'une pareille proposition fût légitimée; et la principale serait la rencontre de petits groupes composés de 1, 2, 3 ou 4 spermatogonies réunies en petits blocs, et se multipliant par mitose. C'est ce que je n'ai jamais observé. Ce que l'on observe, ce sont des groupes déjà nombreux de spermatogonies, mêlés à des germes ou noyaux de blastème ; mais dans ces groupes les spermatogonies ne se divisent pas ou ne le font que *très exceptionnellement* ; j'en ai peut-être vu un cas ou deux dans le cours de mes nombreuses observations.

Ces spermatogonies viennent de se former par la modification des germes, et elles attendent pour se diviser que la saison ou des conditions diverses favorables favorisent cette division. D'ailleurs ces spermatogonies ont des caractères de jeunesse qui consistent dans la minceur de leur corps protoplasmique et dans la disposition finement réticulée et granuleuse de l'élément chromatique du noyau.

Vom Rath a été frappé avec raison de cette particularité que les germes ou cellules marginales finissent par n'exister que sur la paroi du follicule ; et il en donne l'explication en affirmant que les spermatogonies en se multipliant les refoulent vers les parois. C'est là un mécanisme obscur, et que je ne parviens pas à comprendre. Si au début les cellules marginales sont enchâssées entre les spermatogonies, qui les compriment et leur donnent la forme anguleuse qui les distingue, le résultat de la multiplication des spermatogonies et de leur grossissement ne saurait être un refoulement vers la paroi du follicule, mais une compression, un aplatissement de ces noyaux enchâssés et maintenus entre les spermatogonies. Cette situation relative des spermatogonies et des noyaux du blastème s'explique bien naturellement, quand on sait que la masse des spermatogonies provient de la transformation d'un nid de noyaux blastématiques, tandis que de nouveaux noyaux provenant des éléments cellulaires de la membrane propre du follicule commencent à grossir, à se multiplier et à faire saillie à l'intérieur, mais tout en *restant en rapport avec la paroi*, pour devenir la source des nids de la future génération. Il y a là une explication vraiment claire, vraiment naturelle, et vraiment conforme aux faits.

Quant au processus de destruction que vom Rath dit avoir observé pour ses cellules marginales, décoloration, envahissement par des vésicules, disparition de la membrane, émiettement etc., j'affirme n'avoir jamais rien observé de semblable. Je n'ai jamais vu un noyau germe se détruisant ainsi et disparaissant, et la seule explication que je puisse me donner des assertions de l'auteur, c'est qu'il a pris pour des noyaux se décolorant et perdant

leur membrane, des germes près d'acquérir leur zone protoplasmique pour se transformer en spermatoblastes (=spermatogonies). Dans ce cas en effet les noyaux se dilatent, s'arrondissent, leur nucléine se divise fortement et semble raréfiée comme dans les noyaux des jeunes spermatoblastes, et leur membrane semble se dissoudre par suite de l'apparition d'une première zone très mince de cytoplasme clair et hyalin. Vom Rath aurait donc pris des phénomènes de transformation pour des phénomènes de destruction. Peut-être aussi a-t-il considéré comme en train de s'altérer, des noyaux qui se préparent à la division directe par la *pulvérisation* de la nucléine. Cet état donne en effet au noyau un aspect uniformément coloré d'une teinte faible, si on la compare à la couleur intense des grains gros et tassés du noyau quiescent. Et quant aux vésicules ou vacuoles, je ne les ai jamais vues, pas plus que les corpuscules résiduels, dans les noyaux. Je ne les ai observés que dans le protoplasme commun ; et je pense que vom Rath a pris pour telles les vacuoles et vésicules qui se développent dans ce que j'ai appelé le protoplasme caduc, et qui sont en effet pour lui des signes de destruction (Pl. I, 1; Pl. II, 21; Pl. III, 18, 19 A).

Vom Rath affirme qu'à aucune époque de l'année il n'y a l'indice d'une transformation des noyaux marginaux en spermatogonies, telle que l'admettent Grobben et Gilson. A une telle assertion j'oppose catégoriquement l'assertion contraire ; et il me suffira de renvoyer le lecteur aux preuves et aux dessins que j'ai donnés des diverses phases de cette transformation (Pl. II, 22; Pl. III, 7, 15, 19, etc.).

Nous avons vu de quelle manière vom Rath cherche à répondre à cette question embarrassante pour lui : Si toutes les cellules marginales sont détruites, d'où viennent donc les cellules semblables de la génération suivante ? S'il avait observé des Décapodes marins, tels que Pagurides, Brachyures, etc., chez lesquels ces phénomènes ont un caractère plus tranché et plus net que chez *Astacus*, il se serait aperçu que ce n'est pas seulement et surtout, au point de passage du follicule au canal efférent, que se trouvaient des masses importantes de cellules marginales (= germes de remplacement) ; mais que c'est bien plutôt sur les parois et dans

le fond même de la cavité folliculaire, que se trouvent ces accumulations qu'il qualifie d'étonnantes; et que ces accumulations sont nettement délimitées et forment des lentilles convexo-concaves appliquées contre la paroi, et nettement séparées des spermatogonies par une membrane délicate (Pl. I, 2, 4, 9, 11, 12, 17; Pl. II, 5, 12, 14, 15, 22, 23, 24, etc.). Par conséquent elles n'ont aucunement l'allure de cellules migratrices. Il aurait vu également encore qu'elles ne sauraient provenir de la division mitotique des spermatogonies, dont elles sont nettement séparées; et il se serait convaincu enfin que ces cellules marginales (= germes de remplacement) ne peuvent être nées que sur le point où on les trouve, et de cellules semblables à elles. J'ai tout lieu de penser enfin qu'un examen sérieux et patiemment poursuivi lui aurait démontré, comme à moi, que ces nids de germes étaient le résultat de la multiplication par division amitotique des cellules de la membrane propre du follicule, et que leur forme lenticulaire et leur délimitation régulière et précise tenaient à ce qu'ils étaient renfermés, comme les éléments conjonctifs dont ils dérivent, entre deux membranes résultant du clivage de la membrane propre.

Contrairement donc à vom Rath, j'affirme qu'il y a dans le testicule des Crustacés décapodes une transformation des cellules de soutien (= germes) en spermatogonies (= spermatoblastes), que par conséquent la formation du sperme se fait en partie par voie amitotique ainsi que la régénération des spermatoblastes ; et que la présence de la division amitotique dans certaines phases de début de la spermatogenèse chez ces animaux, établit, qu'il n'est pas juste de donner à la division amitotique la signification physiologique absolue qu'on a voulu lui donner, quand on l'a considérée comme ne se produisant que chez des éléments près de mourir. Il y a lieu, du moins dans certains cas, et dans celui-ci en particulier, de considérer cette division comme un mode appartenant à des éléments très jeunes et à division très active. Tel me semble être le cas des spermatoblastes jeunes se divisant amitotiquement, que j'ai observé chez *Astacus* et rapporté pag. 121 et 122 de ce Mémoire.

La division directe est peut-être inférieure à la division mitotique comme qualité et perfection du processus. Mais elle lui paraît supérieure comme quantité et rapidité. La division amitotique appartient plutôt aux éléments imparfaits soit par jeunesse, soit par vieillesse; la division mitotique appartient plutôt aux éléments développés et parfaits, et qui se trouvent dans la plénitude de l'organisation et de l'activité vitale.

Dans une publication très récente, puisqu'elle ne date que de quelques mois, v. la Valette Saint-George [1] rappelant ces assertions de vom Rath, que les cellules marginales n'ont aucune relation directe soit avec la spermatogenèse proprement dite, soit avec les phénomènes de régénération, et qu'il n'y a jamais transformation des cellules marginales en spermatogonies, affirme que ces assertions s'accordent bien avec toutes ses observations jusqu'à ce jour.

Je tiens à suivre l'auteur dans le compte rendu de ses observations (qui s'accordent d'ailleurs plus avec les miennes qu'avec celles de vom Rath), parce qu'il me sera facile de démontrer combien mes vues permettent de leur donner une interprétation plus simple et plus rationnelle, que ne le font les vues de l'auteur lui-même.

En mai, ***tout*** paraît encore ***en repos*** dans le testicule de l'Écrevisse. Les acini plus ou moins grands sont encore en partie remplis de spermatosomes (= spermatozoïdes), qui restent de la dernière génération, et *parmi* eux (dazwischen) se trouvent quelques spermatogonies et des noyaux folliculaires (germes de remplacement de Grobben) qui sont appliqués contre les spermatogonies.

Les spermatosomes aussi bien que les gros noyaux folliculaires sont manifestement (augenscheinlich) atteints par la dégénération. A côté d'eux il a trouvé des follicules (Bläschen) qui ne renfermaient ni spermatozoïdes ni grandes cellules folliculaires, mais seulement des spermatogonies, et de petits noyaux folliculaires noyés dans une masse finement granuleuse. Le noyau des sperma-

[1] V. la Valette Saint-George ; *Ueber innere Zwitterbildung beim Flusskrebs. Arch. f. mikr. Anat.* Avril 1892.

togonies ayant 0mm,01 de grosseur était parsemé de corpuscules nucléaires plus ou moins gros et se colorant bien. Le protoplasma bien délimité au dehors était *finement granuleux*. Le diamètre des cellules, rondes, ovales, ou anguleuses, mesurait de 0mm,024 à 0mm,35. Il n'y *avait aucun indice de karyokinèse*.

En juin, l'aspect a changé. Les spermatozoïdes sont détruits, ainsi que les *gros noyaux* testiculaires en forme de soles ; les *plus petits* montrent çà et là des étranglements.

Les spermatogonies et leurs noyaux avaient grossi d'un cinquième environ et remplissaient *toute* la capacité de l'acinus..... Çà et là on voit des mitoses, avec un beau fuseau, et rayonnement polaire. Comme vom Rath, v. la Valette Saint-George n'a jamais vu à cette époque la phase pelotonnée des chromosomes. Les chromosomes du fuseau constituaient une plaque *si serrée et si épaisse qu'on ne pouvait songer à les compter*, ce qui provient peut-être de la phase de développement dans laquelle se trouvaient les cellules qui se divisaient mitotiquement.

Les préparations faites en juillet présentent un tout autre aspect. Les cellules ont atteint jusqu'à 0mm,004 de grosseur, et les noyaux de 0mm,002 ont un beau peloton plus ou moins serré ou lâche, à mailles anguleuses ; et le protoplasme finement granuleux renferme un Nebenkern incolore ou se colorant faiblement de 0mm,007 de longueur et de 0mm,002 d'épaisseur. C'est un disque biconvexe... En outre on voit, mais toutefois encore isolément, les autres phases de la mitose, qui montrent que les chromosomes sont plus épais et moins nombreux que dans le fuseau des spermatogonies.

En août commence la formation des spermatozoïdes, qui atteint son point culminant en septembre et octobre, puisque déjà en novembre la plupart des acini se trouvaient vidés.

Il y restait encore quelques spermatosomes, mais qui montraient déjà des signes évidents de dégénérescence, puisqu'ils étaient transformés en petites masses brunâtres, finement granuleuses à l'intérieur.

A côté se trouvaient de petits acini qui étaient *entièrement* remplis de spermatogonies, et qui ne possédaient qu'un *petit*

nombre de petites cellules folliculaires situées sur les parois. Ils semblaient être des acini de nouvelle formation, qui n'avaient pas encore servi à la formation de spermatozoïdes.

Les noyaux folliculaires des anciens acini présentaient les formes bizarres si bien représentées par vom Rath.

En décembre, on voit de vieux acini avec des spermatozoïdes dont quelques-uns conservés, mais la plupart détruits et remplacés par une masse homogène brunâtre ; le contenu des noyaux folliculaires *très gros*, situés *surtout vers le centre* du follicule, perdent leur *contour marginal et deviennent granuleux*; en un mot, les vieux noyaux folliculaires paraissent avoir joué leur rôle, après avoir subi tout récemment encore des divisions.

Sur les bords on trouve des spermatogonies à noyaux ronds et ne *se colorant que légèrement*, entourées de la manière caractéristique par de petits noyaux folliculaires anguleux ; on trouve aussi des acini avec des spermatozoïdes attardés et en partie dégénérés, et enfin des acini dont tout le contenu faisait l'impression d'une dégénérescence, côté des acini nouvellement formés.

On voit donc chez l'Écrevisse quelques acini testiculaires en progrès pour la préparation de la nouvelle génération, d'autres se détruisant, et de nouveaux apparaissant.

En janvier mêmes apparences, seulement les grands noyaux folliculaires étaient devenus *très rares*.

Voilà une traduction presque littérale, et dans tous les cas suffisamment complète, des observations et assertions de v. la Valette Saint-George. Voici maintenant les réflexions qu'elles me suggèrent.

Je leur adresserai, comme à celles de vom Rath, le reproche de ne baser la conception du rôle des cellules dites folliculaires que sur l'examen de l'Écrevisse. J'ai donné les raisons qui doivent jeter quelque discrédit sur les observations qui n'ont que cet animal pour objet.

En outre, je ferai remarquer que, si les conclusions des deux

auteurs sont identiques, on ne saurait en dire autant de leurs observations. Elles diffèrent en effet sur un point très important. Tandis en effet que, pour vom Rath, les spermatogonies de réserve pour la régénération commencent à *grossir* et à *se diviser mitotiquement* dès la fin de la période de formation de la spermatogenèse, et que cette division se poursuit lentement, isolément, pendant le mois de janvier et jusqu'au mois de juin, pour v. la Valette Saint-George, les spermatogonies ne paraissent grossir qu'en juillet ; et il n'y a jusque-là aucun indice, aucune trace de karyokinèse. C'est là une opposition remarquable, et qui a de l'importance, puisque c'est par ces divisions successives et isolées, réparties dans les mois de janvier à juin, que vom Rath explique la formation de la nouvelle génération et la réplétion, la dilatation du follicule, qu'il a constatée dès le mois de mai et qui est en effet déjà bien marquée à cette époque.

Mes observations s'accordent avec celles de v. la Valette Saint-George ; les mitoses sont très rares, sinon nulles, avant le mois de juin. Mais alors reste, pour ce dernier auteur, à trouver une explication de la réplétion et de la dilatation testiculaire par des spermatogonies. L'accroissement de volume de celles qui sont censées rester comme réserves, ne suffit pas pour expliquer le volume des acini, et le nombre considérable des spermatogonies qui les remplissent.

v. la Valette Saint-George parle souvent de dégénérescence des gros noyaux folliculaires. Je regrette qu'il n'ait pas insisté sur les caractères de cette rétrogradation, et surtout qu'il n'en ait pas donné quelques dessins. Pour ma part, je ne l'ai jamais observée. J'ai vu de gros noyaux dans lesquels la partie chromatique se pulvérisait, ce qui leur donnait une coloration pâle assez uniforme; mais je sais que c'est là une des phases de la division amitotique, et non un caractère de dégénérescence.

Si en juin les gros noyaux folliculaires ont disparu, ainsi que l'a observé notre auteur, ce n'est pas qu'ils aient été détruits ; mais c'est qu'ils ont été transformés en spermatogonies, en acquérant une zone de protoplasme propre, très mince d'abord et très transparente.

La fig. 11, Pl. XXI du mémoire de v. la V. Saint-George me paraît bien propre à donner une idée de cette transformation. Elle représente en effet côte à côte un gros noyau folliculaire qui tend à devenir sphérique, et une très jeune spermatogonie, dont le noyau ne diffère du premier que par un peu moins d'aptitude à se colorer, et qui a un corps cellulaire clair, hyalin, et *très mince*. Les petits noyaux que l'on observe en même temps sont les uns des retardataires de la génération actuelle, les autres l'origine de la génération future.

Quant aux gros noyaux folliculaires situés *au centre* du follicule, et qui en décembre perdraient, d'après v. la V. Saint-George, leur contour marginal, et deviendraient *grumeleux* pour disparaître, je ne crains pas d'avancer que l'auteur a pris pour tels les vacuoles parfois grumeleuses et incolores du protoplasme caduc, vacuoles qui sont en effet surtout centrales, ainsi que je l'ai représenté dans quelques-uns de mes dessins. Les fig. Pl. I, 1, Pl. II, 21, Pl, III, 19 A, Pl. IV, 1, prises sur des coupes d'*Astacus* en novembre, sont de nature à démontrer ce que j'avance. Ces masses granuleuses et vacuolaires du protoplasme caduc occupent en effet parfois presque toute la cavité des acini volumineux et anciens qui se sont vidés de spermatozoïdes ; et ce sont ces acini observés en décembre qui ont produit à l'auteur que je discute, l'impression d'une dégénérescence du contenu. Il y a dégénérescence en effet, mais qui ne porte pas sur les gros noyaux testiculaires.

V. la V. Saint George avance que chez l'Écrevisse on trouve des follicules testiculaires (Hodenbläschen) en voie de progrès pour la préparation de la nouvelle génération, d'autres en voie de régression, et d'autres qui apparaissent et se forment nouvellement.

Il est plus exact de dire que chez l'Écrevisse on trouve, à certaines époques *dans un même acinus*, des éléments qui sont en voie de développement pour fournir la génération actuelle, d'autres qui tendent à disparaître, et d'autres qui vont devenir le point de départ d'un nouvel acinus. Mais ces parties sont toujours nette-

ment et franchement délimitées et distinctes. Ce sont des générations différentes qui sont destinées à se succéder, et qui ne sont jamais confondues.

Mais ce que j'ajouterai et ce qui mérite attention, c'est qu'il y a de jeunes acini uniquement remplis par de gros noyaux dits folliculaires sans trace de spermatogonies. J'en ai représenté deux cas (Pl. III, 19 B; Pl. IV, 3). Ces acini, qui sont certainement de formation toute récente, acquerront plus tard quelques spermatogonies, ainsi que le prouve l'examen des acinis plus volumineux (Pl. III, 19 A), et on est bien obligé de convenir que ces dernières ne sauraient provenir que des gros noyaux dits folliculaires, qui sont réellement des germes de remplacement. Il y a là, me semble-t-il un argument de grande valeur contre les idées de vom Rath et de v. la Valette Saint-George.

Les observations de v. la Valette Saint-George trouvent dans les vues que j'ai exposées une interprétation des plus simples et des plus complètes à la fois.

Voici cette interprétation:

En décembre, on trouve dans le testicule au centre de l'acinus une masse homogène brunâtre granuleuse et vacuolaire dans laquelle sont plongés quelques spermatozoïdes non évacués.

Ce sont les débris, les restes de la génération qui vient de finir; ils consistent dans quelques spermatozoïdes attardés plongés dans une masse granuleuse et vacuolaire qui se détruit.

Sur les parois seulement se trouvent quelques spermatogonies jeunes et petites, à noyau faiblement colorable, et entourées de petits noyaux folliculaires. C'est la nouvelle génération de blastème de remplacement qui commence à faire saillie à l'intérieur de l'acinus, et dont quelques noyaux se sont arrondis, et ont acquis une couche mince de cytoplasme pour former des spermatoblastes ou spermatogonies.

En janvier mêmes apparences, avec formation de nouvelles spermatogonies aux dépens des gros noyaux folliculaires. Ceux ci sont, par suite, devenus *très rares* (Pl. I, 12).

Jusqu'en mai les mêmes phénomènes se présentent mais avec marche lente.

Les noyaux du blastème se multiplient par division directe, et se transforment successivement et isolément, lentement, en spermatogonies.

Jusque-là il n'y a eu ***aucune trace de karyokinèse***, parce que les spermatogonies (protospermatoblaste) formées, et qui remplissent certains follicules, ***ne proviennent que de la transformation*** des ***gros*** noyaux folliculaires. Ceux-ci se sont ***tous*** transformés, dans certains follicules ; ***aussi font-ils défaut***.

En ***juin*** et ***juillet*** tous les gros noyaux folliculaires ont disparu pour former des spermatogonies, et les acini sont gonflés et bourrés de nombreuses spermatogonies. C'est la génération qui va se transformer en spermatozoïdes. Pour cela se produisent alors des mitoses destinées à fournir les deutospermatoblastes ou spermatides.

Mais on voit appliqués sur les parois, ***et rien que là***, de petits noyaux anguleux qui représentent les origines et les débuts des futurs nids de blastème, que nous retrouverons précisément en décembre et préparant la génération de l'année suivante.

En août, septembre et octobre se font précisément les spermatozoïdes, pendant que les nids de blastème se développent lentement.

Telle est l'explication, l'interprétation des faits qui me paraît conforme à la vérité. Les figures de v. la V. Saint-George me paraissent se prêter à cette explication ; et je signale notamment la fig. 4, qui montre sur une coupe deux nids lenticulaires de blastème bien délimités et séparés par une cavité remplie de spermatozoïdes. Ce sont là des apparences qui s'expliquent difficilement avec les idées de vom Rath.

Je signale également la fig. 3 de v. l. V. Saint-George, que cet auteur désigne ainsi : « Quelques spermatogonies avec un noyau folliculaire dans leur protoplasme. » Je ne saurais souscrire à cette interprétation, et je vois là plutôt un spermatoblaste avec gros Ne-

benkern cytoplasmique colorable ; et dans tous les cas, c'est là une des apparences qui m'avaient fait penser à la *genèse directe* des deutospermatoblastes dans le cytoplasme des protospermatoblastes.

J'appelle encore l'attention sur la fig. 6, dans laquelle ne subsiste pas *une seule spermatogonie* pour fournir (d'après vom Rath et v. l. V. Saint-George) la régénération, mais où l'on voit nettement dans toute la cavité centrale des spermatides chez lesquelles a paru la vésicule céphalique, tandis que les noyaux grands et petits du blastème de remplacement tapissent les parois, et se préparent à fournir la génération suivante de spermatogonies.

Ainsi donc ni les observations de vom Rath, ni celles de v. l. V. Saint-George ne me paraissent ébranler en rien cette assertion que les spermatogonies ou protospermatoblastes dérivent des germes de remplacement ou prétendues cellules folliculaires.

Après cet examen des dernières publications sur l'origine des spermatogonies d'*Astacus*, j'aborde l'étude des autres questions générales, que soulève le problème de la spermatogenèse chez les Crustacés décapodes.

La première impression qui se dégage de l'étude que nous venons de faire est que la spermatogenèse, chez tous les Décapodes autres que les Carides, présente les mêmes traits essentiels et les mêmes processus importants, qu'il n'y a pas lieu de distinguer à cet égard, comme l'a fait Hermann, entre les Brachyures et les Macroures, que les différences à signaler entre les divers genres et les différents groupes ne résident que dans des nuances de détail, sans valeur réelle, portant sur des particularités variables parfois dans le même genre, dans la même espèce et même le plus souvent chez le même individu, et qu'il est parfaitement possible de donner de la spermatogenèse chez les Crustacés décapodes autres que les Carides une formule générale commune qui embrasse tous les traits essentiels. C'est cette formule que je vais tracer en classant les éléments qui la composent sous différents chefs distincts.

1° Chez tous les Crustacés décapodes (Macroures et Brachyures), il apparait dans la cellule spermatique ou deutospermatoblaste et dans le cytoplasme au voisinage du noyau une vésicule d'abord très petite, mais qui croît progressivement, et qui acquiert un volume à peu près égal à celui du noyau. Cette vésicule se compose d'une membrane et d'un contenu.

La membrane n'est pas impressionnée par les colorants nucléaires; elle est transparente et très mince.

Le contenu est d'aspect transparent et hyalin, peu réfringent sur le frai. Les réactifs et les colorants y révèlent un réticulum achromatique très délicat dans les mailles duquel se trouve un liquide clair. Ce réticulum contient soit dans ses filaments, soit dans ses mailles un élément chromophile, qui peut être à l'état diffus, mais qui est le plus souvent sous forme d'une poussière extrêmement fine située surtout au voisinage de la membrane d'enveloppe. Cet élément chromophile peu abondant au début, augmente notablement en quantité, à mesure que la vésicule approche des dernières phases de son développement.

2° Le contenu de la vésicule parvenue au maximum de son volume manifeste des tendances à la condensation et à la concentration sur certains points déterminés. Le réseau achromatique tend à former un feutrage qui débute assez abondamment près du pôle nucléaire de celle-ci, c'est-à-dire dans le sommet de la coupole pour s'étendre progressivement vers le pôle opposé. L'élément chromatique se cristallise, se condense, pour former des grains plus volumineux que la poussière primitive; et ses grains se déposent sous forme d'une couche granuleuse, d'une sorte de crépissage sur l'hémisphère de la vésicule qui avoisine le noyau. Ils constituent là une coupole réfringente, chromophile, d'une épaisseur variable, et de structure granuleuse très évidente.

En outre, l'élément chromophile forme souvent sur le pôle opposé de la vésicule un petit dépôt discoïdal, ou annulaire, qui entourera le futur orifice de la vésicule.

Entre la coupole supérieure et l'anneau chromophile inférieur la membrane vésiculaire peut rester simple et nue, ou devenir

le siège d'un ou de plusieurs dépôts annulaires de même nature que les précédents.

En outre, le feutrage central qui occupe l'axe de la vésicule, renferme le plus souvent des grains chromophiles dont l'abondance et les dimensions sont susceptibles de grandes et nombreuses variations.

Ainsi se constituent, chez tous les Décapodes, la coupole qui formera la *tête* du spermatozoïde et la *tigelle* qui est un appendice, ou mieux une dépendance de cette tête.

Nous avons vu chez le Homard le spermatozoïde souvent réduit à ces deux parties, ce qui en dénote le caractère important et essentiel.

Le mouvement de rétraction du contenu vésiculaire peut prédominer dans tel ou tel sens, avoir une intensité variable, se produire plus ou moins tôt ; et de là résultent des modifications dans la forme du spermatozoïde.

Si la rétraction se fait surtout dans le sens de l'axe de la vésicule, la tigelle tend à rester courte et volumineuse, la vésicule prend la forme d'une sphère aplatie d'un pôle à l'autre, et la coupole surbaissée présente le plus souvent une dépression centrale ou invagination qui peut aboutir comme chez *Astacus* à la formation d'un entonnoir ou infundibulum à sommet inférieur, et au retournement des bords inférieurs de la coupole, qui produit à son tour un infundibulum à sommet supérieur.

Si la rétraction se fait surtout vers l'axe de la vésicule et par conséquent suivant des rayons perpendiculaires à cet axe, la vésicule prend une forme allongée et cylindrique, ou cylindro-conique, comme chez le Homard et les Pagurides. Dans ce cas naturellement la tigelle se forme dans toute la longueur de l'axe vésiculaire. Elle est donc en forme de colonne et est très accentuée et allongée. Les divers modes possibles de combinaison et de distribution de ces deux tendances permettent de concevoir les formes si variées et si graduées comme types de transition que l'on trouve chez ce groupe d'Articulés. On voit donc quelle est l'influence de la rétraction vésiculaire sur la forme des spermatozoïdes.

On voit aussi comment le degré d'intensité de cette rétraction du contenu vésiculaire peut accentuer plus ou moins soit la forme globuleuse proprement dite, soit la forme globuleuse aplatie ou lenticulaire, soit la forme cylindrique du spermatozoïde. Je ne crois pas avoir à entrer dans des détails à cet égard ; et le lecteur se rendra lui-même compte de toutes les combinaisons possibles et de leurs effets.

Enfin, l'époque plus ou moins précoce où se produit cette rétraction a des effets variés sur la forme de la coupole. Il est certain que la rétraction a plus de chances de modifier la forme d'une coupole encore mince et peu résistante, que celle d'une coupole épaisse et résultant d'un dépôt abondant et serré de grains chromophiles. De là la présence d'invaginations, de dépressions sur certaines coupoles, et leur absence sur d'autres coupoles chez le même animal. Mais, en outre, la différence de résistance, la rétraction de la coupole et du reste de la vésicule, permettent de comprendre pourquoi dans les spermatozoïdes cylindriques (ceux du Homard par exemple) la coupole conserve un diamètre supérieur à celui du cylindre vésiculaire à parois minces et délicates.

Il convient d'ajouter que dans la vésicule, en même temps que s'opère le mouvement de rétraction des parties solides, se manifeste une surproduction de la portion liquide incolore, une sorte d'hydropisie, dont l'effort centrifuge ou de distension des parois vésiculaires se combine de manières très variées avec le mouvement de rétraction ou de condensation des parties solides, pour déterminer les formes si infiniment variées des spermatozoïdes. Cette surproduction de la partie liquide de la vésicule n'est d'ailleurs rien d'anormal, car elle ne fait que continuer cette sécrétion liquide qui a présidé au développement progressif de la vésicule depuis son humble origine comme un point voisin du noyau, jusqu'à la vésicule ayant atteint des dimensions égales et même supérieures à celles du noyau. Cette surproduction se manifeste d'ailleurs d'une manière indubitable par la rupture vésiculaire au niveau de son pôle inférieur, par la production d'un orifice inférieur, et par la formation si fréquente des vésicules secondaires ou

manchons hyalins, qui s'expliquent fort bien par l'épanchement du liquide vésiculaire hors de la vésicule et entre la paroi vésiculaire et la paroi cellulaire qui se sépare de cette dernière et se gonfle considérablement.

3° La destinée du noyau de la cellule dans la spermatogenèse des Décapodes est vraiment remarquable. Il est en effet appelé à s'altérer, à s'atrophier et à disparaitre. C'est là une tendance générale qui ne souffre pas d'exception, mais qui se réalise à des degrés divers suivant les cas. Dans tous les cas, le noyau est tout au moins diminué, altéré, appauvri en chromatine ; et s'il subsiste encore, ce n'est que comme débris et souvenir du noyau intégral et normal de la cellule. Dans beaucoup de cas au contraire il s'efface complètement ; et il n'en reste plus de traces. Le noyau ne forme donc pas la tête du spermatozoïde, comme l'ont cru Hermann et Gilson ; mais il disparaît comme l'a si bien vu Grobben; et il n'entre pas dans la constitution de l'élément spermatique. La tendance à l'effacement du noyau est très générale, et ne souffre pas d'exceptions ; elle présente divers degrés d'intensité. Dans la même espèce et même dans le même individu on trouve des spermatozoïdes chez lesquels toute trace du noyau a disparu, et d'autres chez lesquels il reste un noyau ratatiné, déformé, sans nucléine, ou avec quelques grains rares et épars de cet élément. Mais partout le noyau a perdu sa valeur et sa structure primitive, pour manifester un état de dégradation et de destruction.

4° Le protoplasme de la cellule spermatique a, comme le noyau, une certaine tendance à l'atrophie et à la disparition. Ses granulations et son réticulum deviennent de moins en moins visibles; et il prend un aspect clair et pâle, hyalin.

Généralement il disparaît sur l'hémisphère inférieur de la vésicule et à la surface du noyau; mais généralement aussi il forme autour de la base de la coupole un anneau plus ou moins visible (*collier* d'Hermann); et c'est cet anneau protoplasmique qui fournit les prolongements radiés, qui n'ont jamais une origine nucléaire.

Cet anneau protoplasmique peut être fort mince et les prolon-

gements radiés faire défaut, tout au moins comme disposition permanente.

5° L'enveloppe cellulaire est très souvent conservée, mais n'est pas toujours distincte. Dans certains cas, elle adhère soit avec la membrane nucléaire ou avec la coupole d'une part, et avec la membrane vésiculaire d'autre part ; de telle sorte qu'il n'est pas possible de les distinguer l'une de l'autre. Le plus souvent, l'adhérence n'existe qu'au niveau du noyau (appendice nucléaire) ou de la coupole ; et les deux membranes restent distinctes sur le reste de leur étendue, et sont souvent éloignées l'une de l'autre par l'épanchement entre elles du liquide vésiculaire dont la quantité s'est fort accrue. C'est ainsi que se forment les vésicules secondaires de Gilson, que j'ai appelées ***manchons hyalins***.

Enfin dans certains cas, chez l'Astacus notamment, les deux membranes cellulaire et vésiculaire conserveront leur indépendance; et le spermatozoïde est dans les culs-de-sac testiculaires suspendu dans une cavité formée par la membrane cellulaire remplie et distendue par le liquide hyalin : c'est peut-être la formation précoce de ce liquide qui tient les deux membranes éloignées, et d'où résulte la conservation de l'indépendance totale des deux membranes chez *Astacus*.

Tels sont, malgré quelques modifications secondaires, les traits généraux essentiels et permanents, que l'on observe toujours dans la spermatogenèse des Crustacés décapodes autres que les Carides. Voyons maintenant, s'il y a quelques différences, non de fond, mais de physionomie générale entre les Macroures et les Brachyures.

Hâtons-nous de dire que, si cette différence peut être constatée, il faut bien se garder de la considérer comme constante et comme caractéristique, attendu que les termes intermédiaires et les formes de passage abondent, et qu'il n'est pas possible d'établir une limite précise entre les deux types.

Comme l'a fait remarquer Grobben, les spermatozoïdes des Macroures sont relativement plus grands que ceux des Brachyures.

Mais comme, selon la remarque de Grobben, dans un même groupe la grosseur des spermatozoïdes est proportionnelle à la taille de l'animal, il s'ensuit que certaines petites espèces de Macroures ont des spermatozoïdes qui ne dépassent pas en dimensions ceux de certains gros Brachyures. Les dimensions ne constituent donc pas une différence caractéristique.

Les Brachyures ont généralement des spermatozoïdes à forme ovoïde ou sphérique plus ou moins aplatie. Les Macroures ont plutôt des spermatozoïdes à forme cylindrique ou cylindro-conique. Mais nous avons vu que chez certains Brachyures (*Carcinus mœnas*, etc). on retrouve des formes cylindriques ou cylindro-coniques en même temps que des formes ovoïdes ou sphériques. D'autre part, l'Écrevisse, qui est un Macroure, a des spermatozoïdes globuleux.

La tigelle est généralement plus accentuée, plus différenciée, plus complètement organisée chez les Macroures que chez les Brachyures. Elle est aussi plus longue et plus cylindrique. Cela me paraît se rattacher à la même cause qui détermine la forme cylindrique du spermatozoïde. Je me suis déjà expliqué à cet égard. Chez les Brachyures, la tigelle est plus courte, moins épaisse, moins accentuée; elle s'effile généralement, et se termine inférieurement en pointe. Elle fait plus souvent défaut que chez les Macroures. Mais encore ici l'Écrevisse a une tigelle courte, en bouton, parfois assez indécise et qui rappelle plus les Brachyures que les Macroures. La tigelle offre d'ailleurs chez le même animal bien des degrés différents d'organisation et de développement.

Le noyau, qui s'atrophie chez tous les Décapodes, disparaît plus souvent d'une manière complète et sans laisser de traces chez les Brachyures que chez les Macroures. Chez beaucoup de Macroures, ou bien il reste comme corps incolore et ratatiné (*Astacus*) ou bien comme *appendice nucléaire* plus ou moins dépouillé de toute chromatine. Mais dans un même groupe, dans une même espèce, et même chez le même animal appartenant à l'un ou à l'autre groupe, on peut rencontrer tous les états susmentionnés.

Les prolongements radiés ne manquent presque jamais chez les Macroures, et possèdent une longueur généralement considérable.

Ils sont souvent en petit nombre. Chez les Brachyures ces prolongements sont courts, assez souvent nombreux ; mais ils font aussi fréquemment défaut. Encore ici la limite entre les deux groupes est loin d'être tranchée. *Astacus*, qui est Macroure, a des prolongements radiés nombreux comme chez les Brachyures, mais longs comme chez les Macroures. Chez quelques Macroures les prolongements peuvent manquer ou rester en très petit nombre. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce sujet à propos des Carides.

Enfin les vésicules secondaires ou manchons hyalins m'ont paru se former bien plus souvent chez les Macroures que chez les Brachyures ; mais ce sont des formations secondaires, d'une minime importance, et qui se produisent très irrégulièrement, très inégalement, et d'une manière bien inconstante chez le même individu. Par conséquent il ne convient pas d'y ajouter de l'importance.

On voit donc qu'il est impossible de tracer une séparation tranchée entre les deux groupes de Crustacés décapodes, et que les caractères généraux et essentiels se retrouvent identiques dans les deux groupes. Néanmoins les genres et même les espèces ont des formes de spermatozoïdes qui sont suffisamment caractérisés pour permettre dans la plupart des cas une détermination même spécifique. Mais ces caractères distinctifs tiennent à des combinaisons de nuances, à des réunions de modifications secondaires, et non à des traits essentiels.

Je ne veux pas clore ce mémoire sans discuter une série de questions qui ont été soulevées soit à propos des Crustacés, soit à propos des Arthropodes, soit à propos de la spermatogenèse considérée en général. Les résultats de mes recherches me paraissent en effet, propres à jeter quelque lumière sur ces questions controversées.

Voici les questions que je me propose d'examiner successivement :

Quel est le sort du noyau et de la nucléine du noyau dans la spermatogenèse des Décapodes?

Quelle est la signification de la vésicule? Quelle est son origine apparente ? Quelle pourrait être son origine réelle?

Le dépôt chromophile qui la tapisse est-il identique à la nucléine ou chromatine?

Si oui, quelle est l'origine de cette nucléine? Provient-elle du noyau?

Quelle est la tête du spermatozoïde des Crustacés décapodes. Est-ce le noyau? Est-ce la vésicule?

La vésicule représente-t-elle la tête ou le capuchon céphalique?

Quelle est l'orientation rationnelle et réelle de ces spermatozoïdes?

Quelle peut être la fin de la transformation si singulière de la cellule spermatique chez les Crustacés décapodes?

Quelle est l'importance des formes de spermatozoïdes dans la détermination des groupes et des affinités?

Nous avons vu que le noyau présentait chez les Crustacés décapodes une tendance remarquable à s'effacer et à disparaître.

Cette tendance se manifeste de deux manières à la fois : 1° par la disparition progressive de la nucléine comme substance réfringente, et colorable par les colorants nucléaires ; 2° par l'atrophie et la disparition progressive du suc nucléaire et des parties achromatiques du noyau. Ces deux processus qui se réalisent simultanément atteignent des degrés d'intensité, qui varient suivant les groupes et suivant les individus. Aussi y a-t-il des groupes, comme les Pagurides, où il reste fréquemment des traces plus ou moins altérées du noyau, et d'autres comme les Brachyures, où le noyau disparaît le plus souvent d'une manière complète.

Cette disparition du noyau et par conséquent la nullité de son rôle dans la constitution du spermatozoïde et plus particulièrement dans la formation de sa tête, choque bien des idées reçues et provoque des protestations. Nous avons vu Nussbaum, Hermann,

Gilson soutenir que la tête du spermatozoïde était formée par le noyau de la cellule spermatique.

Mais nous avons vu d'autre part Metschnikoff[1], Grobben, von Lavalette Saint-George[2], prétendre que chez l'Écrevisse le noyau disparaît.

Ce rôle négatif du noyau dans la formation du spermatozoïde ne paraît pas d'ailleurs être un fait isolé; Metschnikoff l'a également signalé chez les Diptères et les Cyproïdes, von Siebold chez les Locustides, Zenker pour *Asellus*, Balbiani pour les Aphidiens.

Je ne puis pour ma part douter de la disparition plus ou moins complète du noyau chez les Crustacés décapodes; il y a d'autant moins lieu d'en douter que chez les Carides, dont la spermatogenèse diffère de celle des autres Décapodes, cette tendance à l'effacement, à la réduction du noyau, se manifeste d'une manière remarquable. La chromatine finit en effet par se réduire à une lame très mince, composée de granulations très fines, rares, et parfois même peu avides des colorants nucléaires.

Mais tout en constatant cette disparition du noyau, comme noyau, et la nullité de son rôle apparent dans la constitution de la tête du spermatozoïde, il faut se garder de considérer ce processus comme général. Les Carides eux-mêmes nous montrent un cas où la tête du spermatozoïde est bien formée par le noyau, mais par le noyau réduit. Cette réduction du noyau pour former la tête du spermatozoïde me paraît au contraire un fait général, et que l'on retrouve dans tous les cas, et même chez ceux où il est le plus évident que la tête dérive de la portion chromatique ou nucléinienne du noyau. Cette portion se réduit en volume pour former la tête; et la cellule spermatique ne me paraît jamais conserver tout son élément nucléinien en opérant sa transformation en spermatozoïde.

Mais si le noyau disparaît chez les Décapodes, quelle est la par-

[1] Metschnikoff, *Arbeit. der erst. Versammlung der russisch. Naturforscher*, 1868.

[2] V. Lavalette Saint-George; *Arch. für mikr. Anat.* B. III.

tie de la cellule spermatique qui formera la tête du spermatozoïde? Nous avons suffisamment établi que c'était la vésicule, si toutefois on donne le nom de tête à cette portion du spermatozoïde qui présente une réfringence remarquable, une grande affinité pour les colorants nucléaires, et enfin tous les caractères et toutes les réactions de cet état du plasma cellulaire que l'on désigne sous le nom de nucléine ou de chromatine. Est-ce bien le cas pour les dépôts en forme de crépissage ou en forme de poussière, que l'on constate soit sur les parois de la vésicule, soit dans le tissu feutré de la tigelle? C'est là ce qu'il faut examiner.

Les dépôts dont il est ici question et qui entrent dans la constitution de la cloche et de la tigelle présentent bien toutes les apparences et toutes les réactions de la chromatine, et il m'a été impossible de les distinguer. L'aspect, la réfringence, l'affinité pour les colorants nucléaires, ne présentent aucune différence. Le vert méthyle acétique, dont l'action est si nettement élective, colore vivement ces parties sur les éléments traités à l'état frais ou après fixation par la liqueur de Ripart et Petit. La méthode si élective de Bizzozero, la méthode de Hermann pour l'éosine, donnent des résultats très nets.

D'après Zacharias, la nucléine *in situ* dans les éléments vivants présenterait la particularité d'être dissoute lentement par le chlorure de sodium au dixième. J'ai essayé cette réaction sur des spermatozoïdes de *Pagurus striatus*, et les résultats m'ont paru concluants.

Les fig. Pl. VIII, 101, 102 représentent deux spermatozoïdes après quarante-huit heures de séjour dans une solution de chlorure de sodium au dixième. Les éléments, retirés de la solution et lavés, avaient été colorés ensuite par le vert méthyle. Il est facile de voir que les parties colorées de la cloche avaient déjà subi une réduction notable. On n'a qu'à les comparer avec les fig. Pl. VIII, 59 à 72.

Mais après un séjour de cinq jours dans la même solution, les effets étaient bien plus prononcés. Il suffit pour s'en convaincre de jeter les yeux sur les fig. Pl. VIII, 96 à 100, dans lesquelles la

coupole, le noyau et la tigelle ont perdu presque toute leur chromatine.

Tout ce que l'on a observé jusqu'à présent tend à établir la nature nucléinienne des dépôts formés dans la vésicule. Cette nature a d'ailleurs paru évidente à Gilson, puisqu'il considère les parties colorables de la cloche comme des dépendances du noyau.

Si les dépôts de la vésicule sont vraiment de nature nucléinienne, d'où vient cet élément nucléinien? Quelle est sa source? Quelle est son origine? On peut avancer à cet égard plusieurs opinions, plusieurs théories. Pour l'une, l'élément nucléinien de la vésicule n'est que la nucléine du noyau, qui ayant disparu dans ce dernier, s'est transportée dans la vésicule et a été absorbée par cette dernière.

A un autre point de vue, la nucléine se développerait dans la vésicule, parce que la vésicule serait d'origine nucléaire ; c'est un élément qui est sorti du noyau au début de la transformation de la cellule spermatique en spermatozoïde ; et il n'y a par conséquent rien de surprenant à ce que la nucléine se développe et s'accroisse dans cette portion du noyau.

Enfin une troisième opinion peut être émise.

La vésicule est un corps d'origine cytoplasmique, dans lequel la nucléine se développe directement en vertu d'une élaboration propre, car il n'est pas prouvé que de la nucléine ne puisse directement prendre naissance dans le cytoplasme.

Je vais examiner successivement ces trois opinions.

Grobben dit à propos de *Paguristes maculatus* que le rapetissement du noyau et sa pâleur ultérieure s'expliquent en ce que la tête du spermatozoïde absorbe d'abord la partie la plus solide et la plus riche en albumine du noyau, et en dernier lieu les restes liquides de ce dernier. De là résulte l'épaississement des parois de la tête.

Hermann se range à l'opinion de Grobben, et trouve qu'il insiste avec raison sur le parallélisme qui existe entre l'accroissement général de la vésicule avec augmentation constante de sa substance chromatique, et les modifications regressives et la décoloration

concomitante du noyau. Pour Hermann comme pour Gilson, la vésicule se développe aux dépens du noyau.

Il semble y avoir là une corrélation qui s'impose à l'esprit. Le noyau se ratatine et pâlit, tandis qu'à côté de lui la vésicule grossit et acquiert des parties solides et chromophiles. Rien de plus logique et naturel au premier abord que d'admettre entre ces deux processus des relations de cause à effet. Et cependant il y a des objections à faire à cette manière de voir ; et il pourrait fort bien se faire qu'on vît une corrélation là où, en réalité, il n'y a qu'une coïncidence.

Il n'y a pas en effet toujours une ***relation exacte*** entre l'accroissement du volume de la vésicule et de sa substance chromophile et les déperditions du noyau. Dans la même préparation, on remarque en effet des vésicules déjà développées et à dépôt chromophile épais et bien formé, avec des noyaux présentant des degrés ***très divers*** de dégénération. Dans de pareilles circonstances, il est peu rationnel de considérer les phénomènes qui ont pour siège la vésicule comme la cause ou la conséquence rigoureuse des phénomènes qui se passent dans le noyau.

Mais les faits observés chez les Carides sont bien propres à démontrer qu'il y a entre ces deux ordres de phénomènes une indépendance presque complète, et que l'un peut se produire sans que l'autre coexiste pour lui servir de cause ou d'effet.

Chez les Carides, en effet, le noyau se réduit très considérablement, et dans son volume et dans la quantité de chromatine; et cependant nous savons qu'il ne se développe pas chez eux de vésicule céphalique. Cette dernière n'est donc pas nécessaire pour expliquer la dégénérescence du noyau ; et cette dégénérescence a donc une cause indépendante de la formation et du développement de la vésicule.

La seconde opinion considère la vésicule comme une partie échappée du noyau, de telle sorte qu'il n'y a aucune difficulté à voir de la nucléine se développer dans cette portion de noyau. Grobben incline à penser que la vacuole ou vésicule n'est qu'une portion

de suc nucléaire expulsée du noyau. Hermann[1] pense comme lui et affirme que la ***nature nucléaire*** de cette formation ne lui paraît pas douteuse, et que vraisemblablement son ***origine nucléaire*** sera démontrée par les recherches à venir.

Hermann appuie son assertion sur les dessins de von Brunn[2] sur la spermatogenèse de ***Locusta viridissima*** et sur les données de Grobben relatives à la spermatogenèse de ***Squilla mantis*** et de ***Palaemon rectirostris***.

Je dois dire que la question d'origine de la vésicule, soit comme provenant du noyau, soit comme une formation du protoplasme de la cellule, n'est pas entièrement et définitivement tranchée pour moi. Mais j'ai bien des raisons à donner en faveur de son origine protoplasmique; et les arguments qui me paraissent parler le plus fortement en faveur de ma manière de voir, je les puise précisément dans les faits de la spermatogenèse des Locustides et des Carides, qu'Hermann croit pouvoir invoquer en faveur de l'opinion contraire.

Je ne veux pas avec Nussbaum et Gilson, invoquer en faveur de mon opinion le fait que la vésicule prend naissance chez ***Astacus*** à une certaine distance du noyau. Ce fait qu'Hermann rapporte aussi, en affirmant que chez ***Astacus*** la ***vésicule évolue à distance du noyau*** sans être à ***aucun moment*** en contact avec lui, ce fait, dis-je, n'est pas exact. Ce qui a induit les observateurs en erreur, c'est qu'aucun n'a assisté réellement à la naissance de la vésicule, et ne l'a observée que déjà un peu grande, et après qu'elle s'était éloignée du noyau. Pour moi, qui ai observé chez ***Astacus*** la vésicule à l'état d'un grain coloré extrêmement petit, je l'ai toujours vue à ce moment-là accolée au noyau dont elle se séparait plus tard, pour s'en rapprocher encore en grandissant. C'est ainsi que je l'ai dessinée Pl. VI, 60, 61, 62, 72, 73, 74. Je l'ai également vue et dessinée à l'état très jeune chez ***Pagurus striatus*** (Pl. VII, 64, 65) ; et je dois dire que, toutes les fois que j'ai pu observer la

[1] Hermann; *Bulletin scientifique*, etc., pag. 45, 46.

[2] Von Brunn; *Untersuchungen über die doppelte Form der Samenkörper von Paludina vivipara*. Bonn, 1884.

vésicule très jeune, elle m'a paru très nettement en contact avec le noyau. C'est donc sur d'autres arguments que celui de la situation de la vésicule que j'appuie mon opinion.

Disons d'abord que, en supposant que la vésicule fût d'origine nucléaire, on ne saurait avec Grobben la regarder comme une portion de suc nucléaire expulsée du noyau. Le suc nucléaire en effet ne se colore pas ou se colore peu par les colorants nucléaires, et nous avons vu la vésicule formant à son origine chez *Astacus* une granulation très chromophile.

Si la vésicule provient du noyau, elle ne peut être qu'une portion du corps chromatique et en particulier une des nombreuses granulations chromophiles que renferme à ce moment le noyau.

Mais, en admettant ces faits, il faut cependant reconnaître que cette granulation se distingue, dès l'abord, des autres granulations restées dans le noyau par une coloration plus vive et plus marquée sous l'influence des colorants nucléaires. Ce n'est donc pas une granulation identique aux autres. C'est un corps spécial distinct, que l'on n'a pas aperçu dans le noyau de la cellule, ce qui pourrait porter à penser qu'il n'y existait pas, et que par conséquent il ne saurait en provenir.

Mais ce n'est pas seulement sur ce point particulier que la vésicule diffère des éléments chromatiques du noyau.

Ces éléments subissent chez les Carides des transformations que nous avons étudiées, et qui diffèrent considérablement de ce que l'on observe dans le développement de la vésicule.

Nous avons vu, en effet, que les grains de chromatine devenaient vésiculeux, présentaient alors des parois colorées d'une manière uniforme par les colorants nucléaires, et sans qu'il y eût des traces de dépôts granuleux plus ou moins localisés.

La coloration, uniforme, s'abaissait progressivement et finissait par disparaître, si bien que le noyau décomposé et méconnaissable se trouvait réduit à une lame de grains de chromatine qui ne s'étaient pas vésiculés, lame comprise entre deux lames de tissu pâle, hyalin, et incolore, formé par les vésicules décolorées et ratatinées.

Il est à remarquer que la membrane nucléaire étant détruite et

le noyau s'étant pour ainsi dire dissocié, les vésicules étaient devenues libres vers les deux pôles du noyau, c'est-à-dire tant sur le pôle qui correspond à la pointe et qui est pour moi le pôle supérieur, que sur le pôle opposé ou inférieur.

Le lecteur aura saisi immédiatement la différence considérable et même radicale, que ces destinées si différentes établissent entre les vésicules de source nucléaire incontestable et la vésicule située dans le cytoplasme des cellules spermatiques des Crustacés décapodes autres que les Carides.

Chez les premiers, en effet, la nucléine se vésiculise et disparaît peu à peu d'une manière complète. Chez les autres la nucléine augmente depuis le début jusqu'à ce que le spermatozoïde soit entièrement formé. Dans le premier cas la nucléine paraît être ou liquide ou disposée en membrane mince homogène, dans le second elle se dépose sous forme de granulations et de crépissage.

Les vésicules nucléaires des Carides se détériorent, se ratatinent et ne forment plus que de minces lames incolores sur les faces supérieure et inférieure du spermatozoïde. La vésicule protoplasmique des Décapodes devient volumineuse, consolide ses parois, prend une forme résistante, et ne subit que des rétractions limitées ou localisées.

Voilà bien des différences. Elles me paraissent avoir une valeur réelle pour la solution de la question, et établir entre les vésicules d'origine nucléaire certaine, et la vésicule spermatique des Décapodes une distance considérable, et indiquer des différences de nature et d'origine.

La spermatogenèse des Locustides est encore bien plus instructive à cet égard que celle des Carides. Mais je dois faire remarquer que ce n'est pas le travail de von Brunn [1] qui me dicte cette appréciation : car cet auteur a commis, dans l'étude de la spermatogenèse de ***Locusta viridissima***, des erreurs et des confusions considérables, qui expliquent et justifient l'appréciation et la com-

[1] V. Brunn ; *Untersuch. über die doppelte Form der Samenkörper von Paludina vivipara.* Bonn, 1884.

paraison erronée d'Hermann. Gilson n'a pas été plus heureux que von Brunn[1].

Laissant de côté le travail de von Brunn, qui sur ce point spécial est, je le répète, complètement erroné, je renvoie le lecteur aux résultats de mes propres recherches sur la spermatogenèse des Locustides. Je les ai consignées dans une note parue dans les Comptes Rendus de l'Institut[2], en attendant la publication plus étendue de mes observations, qui suivra de près le présent mémoire.

Les Locustides présentent ceci de particulièrement intéressant que dans leur spermatogenèse on retrouve à la fois la vésiculisation des grains de nucléine du noyau, et la formation d'une vésicule au sein du protoplasme, au voisinage du noyau. J'ai représenté ici quelques phases de ce processus, afin que le lecteur pût s'en rendre compte (Pl. X, 105 à 129).

Dans la cellule spermatique avant toute transformation du noyau apparaît une vésicule que j'ai toujours trouvée près du noyau, mais à une certaine distance cependant (Pl. X, 105, 107).

Cette vésicule a un contenu liquide légèrement colorable par les colorants nucléaires. Mais sur ses parois se déposent bientôt des grains de chromatine réfringents et chromophiles. Le dépôt se fait à l'intérieur de la vésicule sur les parois, et toujours à l'état de granulations ou de crépissage. Cette vésicule grandit (Pl. X, 108, 109, 110, 111, 112, 115, 116, 117, 121, 122) et ses parois se recouvrent de ce crépissage plus spécialement sur l'hémisphère de la vésicule qui est voisine du noyau (Pl. X, 111, 112, 117), si bien que ses parois présentent bientôt une couche épaisse et chromophile qui représente morphologiquement d'une manière très exacte la cloche des Crustacés décapodes (Pl. X, 113, 114, 118, 119, 123, 124, 125, 126, 127). Seulement ici la vésicule prend la forme d'une olive allongée et aplatie, dont la pointe aigue est dirigée du côté opposé au noyau. Cette olive forme définitivement un

[1] Gilson ; *Étude comparée de la spermatogenèse des Arthropodes.* 1re partie. La cellule, tom. I, novembre 1884.

[2] A. Sabatier ; *De la spermatogenèse chez les Locustides.* Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences, 21 novembre 1890.

losange creusé d'une cavité aplatie. Au sein et sur l'axe du losange se constitue souvent un tractus que distingue une coloration plus prononcée (Pl. X, 128, 129), et dans lequel on pourrait reconnaître la tigelle des mêmes Crustacés.

Nous avons donc ici une homologie bien établie, et sur laquelle, me semble-t-il, le doute n'est pas permis, entre la vésicule des Crustacés décapodes autres que les Carides, et la vésicule protoplasmique des Locustides.

Pendant que s'accomplissent ces processus qui ont pour siège la vésicule née au sein du protoplasme, le noyau présente des modifications intéressantes. On voit en effet la nucléine prendre la forme de vésicules réfringentes à parois colorables. Ces vésicules, d'abord nombreuses et petites (Pl. X, 115, 116, 117), se fusionnent ensuite pour former un petit nombre de vésicules plus ou moins volumineuses (Pl. X, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127). Le noyau se désagrège, perd sa forme et sa membrane ; et les vésicules nucléaires refoulées par l'accroissement de la cloche ou olive, coiffent l'extrémité supérieure de celle-ci, pour constituer le capuchon ou coiffe céphalique (Kopfkappe) qui prend la forme si remarquable des branches d'une ancre ou d'un hameçon double (Pl. X, 128, 129). Mais à mesure que grossissent les vésicules, elles perdent progressivement leur qualité nucléaire ; leur colorabilité décroît, et finit par disparaître presque complètement, si ce n'est parfois complètement.

Enfin le corps protoplasmique de la cellule s'est porté vers le côté de la cellule qui renferme la vésicule céphalique (Pl. X, 105, 106); il s'est allongé en forme de queue (Pl. X, 106, 108, 110 à 119, 121 à 127), et formera la queue du spermatozoïde. La couche de protoplasme disparaîtra sur le reste de la surface du spermatozoïde, notamment sur le pôle nucléaire et se limitera à cette extrémité du pôle vésiculaire.

Je ne crois pas avoir besoin d'insister sur la parfaite conformité qu'il y a entre ces modifications du noyau, et les modifications du noyau des Carides. On peut dire qu'il y a identité.

Les Locustides offrent donc ce caractère tout spécial et très

remarquable de représenter un type de spermatogenèse qui réunit à la fois le processus de spermatogenèse des Décapodes ordinaires, et celui du groupe aberrant des Carides.

Cette comparaison va nous permettre de discuter avec quelque fondement la valeur et la signification des formations vésiculaires, et d'établir solidement la vraie orientation des spermatozoïdes des Décapodes, et la signification de leurs parties.

Il est évident que dans le cas des Locustides on ne saurait confondre comme parties identiques la vésicule du cytoplasme et les vésicules nucléaires. L'une s'observe toujours en dehors du noyau. Je ne l'ai jamais observée dans le noyau, et même au contact du noyau à l'état très jeune. De plus, si elle est toujours colorée, ses parois sont toujours tapissées de grains de chromatine plus ou moins nombreux et bien distincts. Ces grains, d'abord petits et clairsemés, se multiplient à mesure que la vésicule grandit, et finissent par former une couche épaisse et résistante sur la paroi vésiculaire.

Les vésicules nucléaires se voient toujours et dès le début avec leurs caractères dans le noyau. Elles sont brillantes et réfringentes, et donnent l'impression de vésicules à parois homogènes et colorées, ou de vésicules remplies d'un liquide coloré et réfringent. Leur coloration, c'est-à-dire leur chromatine décroît de plus en plus, et les vésicules se ratatinent et se réduisent.

La première vésicule ou vésicule du cytoplasme forme la tête du spermatozoïde, les autres forment la coiffe céphalique ou Kopfkappe. Voilà certes des destinées bien différentes, qui permettent de croire à des origines, à des aptitudes, et à des significations morphologiques différentes.

Les faire provenir les uns et les autres d'un seul et même élément, l'élément nucléinien du noyau, c'est résoudre une difficulté par une plus grande; car il reste alors à expliquer les différences si frappantes, l'opposition même des rôles et des destinées.

Si l'on invoquait pour cette explication cette circonstance que les vésicules sont sorties du noyau par des pôles opposés, on aurait à dire pourquoi chez les Carides les vésicules placées au-dessus et

au-dessous de la lame chromatinée, et qui se sont également dégagées du noyau par deux pôles opposés, ne diffèrent en rien les unes des autres quant à leur destinée ultérieure.

Pour ma part je crois donc logique de penser, jusqu'à ce que de nouvelles observations viennent démontrer le contraire, que la vésicule céphalique est une vacuole d'origine protoplasmique et qu'elle constitue au sein du protoplasme un organe différencié comparable au noyau et capable, comme celui-ci, de produire de la nucléine. C'est pour moi un *second noyau*, un *noyau secondaire* destiné à supplanter le noyau primitif. Les cellules spermatiques des Décapodes et des Locustides sont donc des cellules dans lesquelles la différenciation nucléaire, au lieu de n'être représentée que par un seul noyau, est au contraire représentée par *deux noyaux* apparaissant à des époques différentes, et dont la naissance et le développement correspondent ou coïncident pour l'un avec l'atrophie et la destruction plus ou moins complète de l'autre.

Le noyau secondaire apparaît d'abord sous la forme d'une gouttelette liquide sphérique plus ou moins riche en chromatine. Cette dernière augmentera de quantité à mesure que grandira le noyau secondaire. Le contenu de celui-ci, qui semble liquide tant que la vésicule est petite, s'organise plus tard. On y distingue, en effet, par l'emploi des réactifs convenables et des colorants protoplasmiques (éosine, brun Bismark, etc.), une structure finement granuleuse et réticulée. Il y a là une sorte de réseau nucléaire renfermant dans ses mailles très délicates du liquide et des granulations. Ce réseau est appelé à se rétracter et à former des parties feutrées qui deviendront par là plus denses et plus évidentes (tigelle, tractus, etc.).

Quant à la chromatine, elle peut se présenter sous deux formes différentes. Tantôt elle se dépose sur les parois et sur la tigelle, au fur et à mesure qu'elle se produit ; et alors le noyau secondaire se présente comme une vésicule à contenu clair, hyalin, à parois tapissées par des grains chromatinés en quantité variable. Dans d'autres cas, la chromatine reste répandue dans le contenu du noyau, et alors, ou bien elle peut être comme dissoute, ce qui

donne à la coloration vésiculaire une teinte uniforme, ou bien on la distingue comme une poussière colorée suspendue uniformément dans les mailles du réseau. Cette poussière peut être d'une extrême finesse ou composée de grains plus gros. Il est probable que ces divers états représentent des degrés successifs de condensation et d'organisation de la nucléine. Dans ces cas, la vésicule présente une coloration générale uniforme (Pl. VIII, 86, 87, 88, 92, 95) plus ou moins ponctuée. Dans les cas de double coloration par l'éosine et par l'hématoxyline comme ceux que je viens de citer, la vésicule a une coloration violette, pourpre, qui résulte de la combinaison de la coloration rose du réseau et du liquide, et de la coloration bleue de la nucléine. Quand les condensations se font dans la vésicule, c'est-à-dire quand le réseau et la nucléine se condensent (cloche, anneaux, tigelle), ces parties condensées prennent une teinte violet foncé due aux grains de nucléine, qui sont devenus plus volumineux et se sont rapprochés, resserrés; et le liquide restant dans la vésicule se présente alors avec une teinte rose pure (Pl. VIII, 89, 90, 91, 94).

Nous venons de voir les vésicules nucléaires des Locustides constituer la coiffe céphalique. J'ai à peine besoin de faire remarquer que ce fait renverse complètement toute assimilation entre la vésicule céphalique des Décapodes et la coiffe céphalique des Locustides. Nussbaum et après lui Gilson et Hermann avaient cru devoir faire cette assimilation. Elle est entièrement erronée; et je n'ai pas besoin d'insister là-dessus après ce que je viens d'exposer.

Ce qui chez les Décapodes doit être comparé à la coiffe céphalique des Locustides, c'est le *Mittelzapfen* de Grobben, ce que j'ai appelé *appendice nucléaire*, c'est-à-dire cette partie plus ou moins saillante ou ratatinée qui surmonte la cloche ou la coupole, et qui n'est que le noyau ratatiné, devenu clair, et incolore. C'est aussi, la pointe des Carides que nous avons vue formée par des vésicules nucléaires, échappées du noyau, revêtues d'une faible couche de protoplasme, qui tend à s'amincir encore à mesure que les grains et les vésicules nucléaires deviennent incolores et indistincts.

A ce propos doit se poser une question que je ne veux pas approfondir ici, mais que je veux pourtant signaler et formuler d'une manière précise. N'y aurait-il pas lieu de comparer les deux noyaux de la cellule spermatique des Crustacés décapodes aux deux noyaux des Infusoires ciliés ? Le gros noyau de la cellule spermatique ne serait-il pas l'homologue du *macronucléus* de ces infusoires ciliés, c'est-à-dire comme lui le noyau présidant aux phénomènes de nutrition, d'assimilation et de désassimilation, à la vie végétative en un mot ? La vésicule ou noyau secondaire de la cellule spermatique de ces mêmes Crustacés ne serait-il pas l'homologue du *micronucléus* ou d'une partie du micronucléus des mêmes infusoires ciliés, c'est-à-dire comme lui le noyau présidant à la conservation de l'espèce, à l'entretien des puissances vitales générales et possédant la faculté du rajeunissement ? C'est là une question qui mérite considération. Il est possible que le rapprochement que je formule ici ne puisse être considéré comme exact dans tous les détails ; on le dirait du moins, puisque, tandis que le micronucléus des infusoires représente une double sexualité, la vésicule ou noyau secondaire des Crustacés décapodes paraît au premier abord n'en représenter qu'une seule, la sexualité mâle. Mais c'est là une première impression de différence qui est peut-être appelée à se modifier. Qui sait si tous ces phénomènes de vésiculation, d'hydropisie de la vésicule des Crustacés, si la séparation de plus en plus accentuée de la partie nucléinienne et de la partie achromatique, des parties solides et des parties liquides dont cette vésicule est le siège, n'ont pas pour résultat de donner à l'une des sexualités, la sexualité mâle, une prédominance marquée sur la sexualité femelle. Il y a là, en effet, des parties dont l'organisation s'élève et se consolide (coupole et tigelle), tandis que d'autres se liquéfient, se désorganisent et s'abaissent (vésicule et son contenu liquide).

Quoi qu'il en soit, on peut faire remarquer que chez les Crustacés décapodes, comme chez les infusoires ciliés, l'évolution de l'élément micronucléaire, qui consiste en un accroissement de volume et en éliminations ou destructions de certaines parties,

coïncide avec l'abaissement, la dégénération et la destruction de l'élément macronucléaire. C'est là un rapprochement que je livre à la méditation des biologistes.

Les faits que nous venons d'analyser chez les Locustides nous permettent enfin de fixer l'orientation à donner aux spermatozoïdes des Décapodes et des Carides.

Dans la terminologie des spermatozoïdes filiformes, on désigne généralement comme extrémité supérieure ou antérieure l'extrémité céphalique, tandis que l'extrémité postérieure ou inférieure est l'extrémité caudale. Il est donc logique de placer dans les dessins l'extrémité céphalique en haut, et l'extrémité ou segment caudal en bas.

Mais pour les spermatozoïdes des Décapodes, qui n'ont pas un appendice caudal unique et terminal, la détermination des deux extrémités ou pôles offre de vraies difficultés.

Aussi les auteurs ont-ils singulièrement varié à cet égard, et donné aux spermatozoïdes des Crustacés des orientations tout à fait opposées.

Grobben, avons-nous vu, a un peu varié quant à l'orientation des spermatozoïdes des Décapodes. Ses dessins en font foi. Je n'en citerai qu'un exemple. Pour *Astacus* les fig. 18 à 29, tout au moins, représentent le noyau K (Kern) comme situé au pôle supérieur, et la vésicule SK (Samenkopf) comme correspondant au pôle inférieur de la cellule.

Pour *Eupagurus Prideauxii* au contraire les fig. 38-48 placent en haut le pôle vésiculaire SK, et en bas le pôle nucléaire K et le *Mittelzapfen* Mz que nous savons dériver du noyau. Il en est de même des figures qui appartiennent à *Paguristes maculatus*.

On se demande d'où vient cette différence et pourquoi Grobben a varié volontairement dans l'orientation à donner à ces éléments de même structure et de même signification morphologique.

J'en trouve l'explication dans cette circonstance que Grobben a pris dans les deux derniers types le noyau pour la vésicule, et réciproquement.

Hermann place constamment le pôle antérieur ou supérieur du côté vésiculaire, et le pôle postérieur ou inférieur du côté du noyau.

On doit en dire autant de Gilson et de Nussbaum. Cette orientation se trouve parfaitement naturelle de la part de ces trois derniers auteurs, qui sont disposés à considérer la vésicule comme le point de départ de la Kopfkappe ou coiffe céphalique. La situation de cette dernière partie ne saurait en effet se trouver que sur le pôle supérieur ou antérieur du spermatozoïde et de la cellule spermatique.

On a vu que j'avais adopté une orientation constante, plaçant le noyau de la cellule vers le pôle supérieur et la vésicule au pôle inférieur. Les spermatozoïdes des Locustides viennent justifier pleinement mon choix. Ces spermatozoïdes appartiennent en effet au type des spermatozoïdes filiformes, ce qui ne permet pas de douter de leur orientation. Le filament caudal qui les termine et qui continue l'axe de la tête, désigne d'une manière certaine les deux pôles de l'élément. Or il est évident d'après mes figures que ce filament caudal se développe du côté de la vésicule. Celle-ci correspond donc au pôle postérieur ou inférieur de la cellule, tandis que le noyau se trouve sur le pôle supérieur, ce qui est d'ailleurs entièrement d'accord avec le rôle qu'il joue dans la formation de la coiffe céphalique. Nous savons en effet que ce sont les éléments vésiculisés et modifiés du noyau, qui constituent cette dernière. Ainsi se trouve heureusement résolue une question controversée.

L'orientation des spermatozoïdes des Décapodes ordinaires nous révèle l'orientation des spermatozoïdes des Carides. Il est clair que la pointe ou épine qui est formée surtout par des éléments vésiculisés et modifiés du noyau, appartient à leur pôle supérieur. Grobben, Gilson, Hermann, l'avaient compris tout autrement et avaient placé la pointe à la partie inférieure. La pointe est une *Kopfkappe*, un appendice nucléaire, et doit être placée en haut.

Si nous résumons nos vues sur la constitution des spermatozoïdes des Décapodes, nous voyons qu'ils se composent :

1° D'une coiffe céphalique ou Kopfkappe qui dérive du noyau atrophié et transformé ; c'est l'appendice nucléaire.

2° D'une tête formée par la vésicule ou noyau secondaire,

3° Et de filaments rayonnés dérivant du cytoplasme.

Il y a ceci de remarquable que cette forme globuleuse et rayonnée trouve son fidèle représentant et son homologue très intéressant dans les spermatozoïdes à type filiforme des Locustides. Le spermatozoïde de ce dernier est également constitué par :

1° Une coiffe céphalique dérivant du noyau atrophié et transformé ;

2° Une tête formée par la vésicule ou noyau secondaire ;

3° Un filament caudal unique dérivant du cytoplasme.

Ces formes parallèles remarquables ne sauraient s'accorder avec les conceptions émises, soit par Schweigger-Seidel (Arch. f. mik. Anat., 1865), soit par Bütschli.

Schweigger Seidel distingue trois parties principales et une partie accessoire dans les spermatozoïdes filiformes :

Les parties principales sont :

1° Une partie antérieure ou *tête* représentant le noyau ;

2° Une partie moyenne (*Mittelstück*) dérivant du protoplasme cellulaire ;

3° Le filament caudal qui en dérive également ;

4° La partie accessoire est : un appendice de forme variée ou coiffe (*Kopfkappe*) qui provient du protoplasme et qui peut manquer.

Bütschli[1] distingue à son tour trois portions, mais ayant des significations autres que celles que nous venons d'exposer.

1° Une petite portion antérieure qui correspond à la *Kopfkappe* de Schweigger, et qui est un reste du protoplasme ;

2° Une portion moyenne ou *Mittelstück* qui résulte de la transformation du noyau et qui correspond à la *tête* de Schweigger;

3° Une portion caudale ou production plasmatique spéciale qui

[1] Bütschli ; *Zeitschrift f. wis. Zool.* B. XXI, 1871.

constitue un simple filament continuant la queue jusqu'au noyau, et provenant en partie du Nebenkern et en partie du protoplasme.

Elle correspond au Mittelstück et à la queue de Schweigger-Seidel.

Que penser de ces divergences ? C'est (ainsi que je l'établirai dans des mémoires ultérieurs) que le spermatozoïde est une modification de la cellule qui peut présenter une morphologie plus variée qu'on ne le pense, et dont les homologies demandent à être mieux précisées qu'on ne l'a fait jusqu'à présent. Je me borne à l'affirmer pour le moment.

Il est bien difficile de s'être livré à une longue étude des spermatozoïdes des Crustacés, sans se demander quel peut être le but et la fin de transformations cellulaires si remarquables. Je ne saurais rien dire de positif et de précis à cet égard. On connaît très peu, ou pour mieux dire pas du tout, les conditions dans lesquelles s'opère la copulation et la fécondation chez les Crustacés décapodes et surtout chez les Carides.

Abstraction faite des Brachyures, on ne connaît le mode d'accouplement que chez l'Écrevisse et *Penæus*. Chez l'Écrevisse et les Décapodes macroures il ne peut y avoir proprement une copulation dans le sens d'une intromission. Chez les Carides, qui n'ont pas les deux premiers membres abdominaux modifiés en organes copulateurs externes, encore plus que chez l'Écrevisse, la copulation doit être purement externe.

L'époque de la copulation est aussi peu connue. Pour l'Écrevisse, la copulation précéderait de 10 à 45 jours la ponte (Chantran). Au reste d'autres auteurs émettent des assertions très différentes les unes des autres. H. Milne-Edwards pense que la fécondation des œufs se produit comme chez la grenouille à mesure de la sortie des œufs ou bientôt après la ponte. P. Mayer considère comme vraisemblable que les spermatophores sont déjà rejetés, lorsque les œufs de la ponte prochaine sont encore dans l'abdomen, et à l'état d'œufs ovariens éloignés encore de la période de maturité. Cette idée lui a été inspirée par ce fait, qu'il a trouvé entre les

œufs abdominaux, des spermatophores dont les résidus, pense-t-il, avaient été écartés, après l'éclosion des larves, par les capsules vides des œufs. Ehrenbaum a donc raison de dire qu'il règne encore sur ce sujet de grandes lacunes à combler.

Néanmoins il est probable que la fécondation chez les Crustacés décapodes, et particulièrement chez les Macroures et les Carides, est surtout extérieure, et que le liquide séminal est placé par le mâle au voisinage des appendices abdominaux de la femelle.

N'est-il pas dès lors permis de présumer que ces éléments sont pourvus de pointes raides et peu mobiles destinées à leur servir d'organes fixateurs, et à les accrocher comme des crampons, soit aux appendices abdominaux filamenteux de la femelle, soit à la surface des œufs que recouvre la matière visqueuse qui en forme la coque, et qui se solidifiera ultérieurement.

Ce rôle fixateur des filaments raides serait mieux justifié encore s'il était démontré que, comme le pense P. Mayer, chez les Crustacés décapodes les spermatozoïdes sont rejetés par le mâle avant la ponte de la femelle. Ces corpuscules fixés sur les appendices abdominaux de la femelle, attendraient là la sortie des œufs pour les féconder, et acquerraient en attendant, par inanition, cette appétence sexuelle sur laquelle j'ai eu l'occasion de m'expliquer dans mon *Essai sur la vie et la mort* [1].

Il faut d'ailleurs remarquer que c'est surtout chez les Macroures et les Carides que les filaments radiés sont longs, fixes et résistants; chez les Brachyures dont l'abdomen replié sous le thorax forme avec ce dernier une sorte de chambre incubatrice capable de retenir les spermatozoïdes, et d'assurer leur contact avec les œufs à féconder, les filaments radiés sont ou faibles, ou peu fermes, ou même absents dans bien des cas. N'y aurait-il là qu'une coïncidence? C'est ce que des études ultérieures pourront nous montrer. Il n'est pas douteux que la connaissance du processus de copulation et des phénomènes extérieurs ou intimes de la fécon-

[1] A. Sabatier; *Essai sur la vie et la mort*. Bibliothèque évolutioniste, vol. IV. Paris, Veuve Babé et Cie, 1892.

dation ne soient appelés à nous éclairer sur la valeur des formes si étranges que nous avons étudiées.

Quant aux modifications du noyau primitif, à son effacement qui coïncide avec l'évolution ascendante du noyau secondaire, et aux phénomènes qui touchent à la constitution chromatique de la coupole et de la tigelle, il est peut-être permis d'y voir une disposition conservée héréditairement, provenant d'une différenciation originelle, ayant pour résultat de présenter à l'état indépendant et séparé les deux éléments nucléaires qui se trouvent réunis dans le noyau de la plupart des cellules, l'un macronucléaire ou végétatif, et l'autre micronucléaire ou reproducteur et conservateur de l'espèce. Par là les cellules reproductrices mâles des Crustacés décapodes seraient ramenées au type primitif des Infusoires ciliés. La valeur reproductrice générale de la cellule spermatique (et non sa sexualité) serait acquise par une rupture d'équilibre résultant de la dégénérescence du noyau végétatif et de l'évolution ascendante du noyau reproducteur. Sa qualité sexuelle ou sa sexualité propre pourrait au contraire résulter de la rupture d'équilibre qui résulterait dans sa composition intime de l'organisation ascendante de certaines de ses parties (coupole et tigelle) et de l'évolution descendante de certaines autres (parties liquides et parois membraneuses).

Cette hypothèse proposée, en attendant une explication mieux établie, je clos là cette étude d'un des processus de spermatogenèse les plus remarquables, les plus compliqués et les plus instructifs.

La rédaction du Manuscrit a été terminée le 23 avril 1892 ; mais quelques additions y ont été faites pendant les mois de septembre, octobre et novembre 1892 pour le mettre au courant des travaux les plus récents. L'impression en a été terminée le 15 novembre 1892.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I.

FIG. 1. — *Astacus* du 3 novembre. Testicule traité pendant quelques minutes par une solution aqueuse de sublimé saturée et additionnée de 20 °/₀ d'acide acétique. Durcissement dans la série des alcools depuis 50° jusqu'à 100°. Coloration par le carmin boraté. Coupe à 1/200 de millimètre, examinée dans le baume du Canada.

Portion du tube testiculaire dans lequel on voit de dehors en dedans : 1° des noyaux de la membrane propre qui en *a* commencent à former un nid de germes ; 2° une série de germes correspondant à la future génération, et dont quelques-uns ont acquis les caractères de protospermatoblastes. Un de ces spermatoblastes fait saillie plus que les autres vers l'intérieur. Dans certains points moins avancés, et en bas notamment, on distingue encore la limite précise qui sépare cette couche, de ce qui est : 3° le protoplasme caduc devenu grenu, granuleux et vacuolaire ; 4° la lumière du tube testiculaire.

FIG. 2. — Portion du même testicule, traité de la même manière. Coupe montrant deux nids superposés de blastème de remplacement. Le nid extérieur, encore jeune, ne renferme que de petits noyaux. Le nid interne, plus âgé, renferme de gros noyaux qui vont fournir des protospermatoblastes. Les noyaux extrêmes de ce nid sont encore petits. Entre les deux nids on aperçoit la membrane résultant du clivage de la membrane propre de l'acinus.

FIG. 3. — Protospermatoblaste dans le cytoplasme duquel se forment deux masses granuleuses faiblement colorables par le carmin et l'hématoxyline.

FIG. 4. — *Astacus* du 1er septembre pris en *liberté*. Solution aqueuse saturée de sublimé. Série des alcools. Carmin boraté. Coupes dans le baume.

Acinus montrant quatre générations successives et simultanées des éléments testiculaires. En allant de dehors en dedans ;

1° Les noyaux de la membrane propre très petits, mais se multipliant déjà en *a* et *b* pour former des nids de germes ;

2° Des noyaux ou germes plus volumineux constituant deux nids *e* et *d*.

3° De gros noyaux plus clairs disposés par paires provenant de la division directe de gros noyaux isolés et constituant les nids de l'arrière-saison. Ils sont appelés à se multiplier et à former ensuite des spermatoblastes.

4° Des spermatozoïdes occupant le centre de l'acinus. Ils sont logés dans des vacuoles dont quelques-unes sont vides. Mais les nids de l'arrière-saison, ainsi que les spermatozoïdes sont plongés dans le protoplasme caduc. Il n'y a pas trace de spermatoblastes.

Entre 1° et 2° et entre 2° et 3° les membranes de clivage sont évidentes. Entre 3° et 4° elle paraît avoir disparu et s'être résorbée.

FIG. 5. — *Palinurus vulgaris* du 8 janvier. Sublimé et acide acétique. Alcool, carmin boraté, coupes dans le baume. On y distingue de dehors en dedans :

1° La membrane propre renfermant des noyaux très petits, très aplatis et très colorés ;

2° Un nid lenticulaire contenant une série de protospermatoblastes jeunes, et à côté d'eux des germes encore peu avancés;

3° Un nid interne formé par une série de noyaux ou germes, contenu dans un dédoublement de la membrane interne de clivage. Cette lame se relie à la membrane externe par des cloisons ou tractus renfermant eux-mêmes des germes. Elle se continue en bas et à gauche avec un nid pariétal.

4° Les deutospermatoblastes de la deuxième génération qui vont se transformer en spermatozoïdes et qui occupent tout le centre du follicule.

FIG. 6. — *Astacus* du 12 mai. Testicule traité par la liqueur chromo-acétique de Flemming. Carmin boraté. Coupes au 1/100 dans baume du Canada.

La coupe voisine de la surface d'un acinus porte sur un nid de germes dont la plupart présentent une coloration presque uniforme avec une nucléole ou grain central très vivement coloré. La nucléine a l'air d'y être à l'état diffus. Quelques germes plus volumineux montrent la nucléine à l'état de fines granulations inégales, réunies par les tractus d'un réseau très peu apparent. Ils tendent à devenir des protospermatoblastes.

Tous ces éléments sont plongés dans un protoplasme caduc qui commence à devenir vacuolaire.

FIG. 7. — Partie de la même préparation montrant un élément cellulaire de la paroi qui commence à grossir et qui se divisera bientôt, et quatre germes à nucléine diffuse entourant un germe à nucléine granuleuse et dispersée.

FIG. 8. — *Astacus* du 1er septembre, pris en *liberté*. Sublimé, alcools, carmin boraté, coupes dans le baume.

Acinus montrant de dehors en dedans :

1° La membrane propre renfermant des noyaux aplatis qui en *b*, *d*, *a*, *c*, se divisent pour devenir le point de départ de nids de germes.

En *i* un des deux noyaux s'est divisé d'où résultent trois noyaux formant un nid centrifuge ;

2° Des paires *e*, *f*, *g*, *h*, de gros noyaux provenant de la division directe de noyaux antérieurs et ayant acquis une forme finement granuleuse et réticulée de l'élément nucléinien. Ces gros noyaux représentent les noyaux de la couche 1°, mais ayant beaucoup grossi avant de se diviser : ce sont des nids de l'arrière-saison. Le protoplasme qui les entoure et qui formera le protoplasme caduc a aussi augmenté et forme des saillies centripètes ;

3° Des spermatozoïdes plongés dans le protoplasme caduc granuleux et vacuolaire. Il n'y a pas de spermatoblastes.

Entre 1° et 2° on aperçoit nettement une première membrane de clivage. Entre 2° et 3°, elle est moins accentuée; mais elle est encore perceptible ; tandis qu'elle semblait avoir disparu dans la fig. 4 dont les gros noyaux étaient plus volumineux. Dans tous les cas, ici la limite très nette entre 2° et 3° montre bien que ce sont là deux couches successives, mais étrangères l'une à l'autre.

FIG. 9. — *Palinurus vulgaris* du 8 janvier. Sublimé à saturation et acide acétique 25 °/₀. Alcools. Carmin aluné. Coupes dans le baume.

Cette coupe porte sur trois diverticules voisins d'un tube testiculaire. Elle comprend à gauche la surface même du tube recouverte par la membrane commune où les noyaux sont rares, et au-dessous la membrane propre de chaque diverticule qui forme des plis pénétrant entre les diverticules et qui comprend au contraire çà et là des noyaux aplatis dont

quelques-uns disposés par paires sont le résultat d'une division récente. Les culs-de-sac ou diverticules supérieur et inférieur contiennent des protospermatoblastes *b* assez volumineux mais encore jeunes cependant. Le cul-de-sac médian est rempli de deutospermatoblastes noyés dans le protoplasme caduc et qui vont se transformer en spermatozoïdes.

En outre, on trouve en divers points, sur les parois des culs-de-sac, des nids formés par des groupes de germes déjà nombreux, et dont l'un *a* ne renferme que des noyaux encore très petits et plus colorés, et dont les autres renferment des germes plus volumineux et plus nombreux et de coloration moins intense.

Partout on voit clairement une membrane de clivage séparant ces nids marginaux du contenu proprement dit de l'acinus.

FIG. 10. — *Astacus* du 3 novembre. Sublimé à saturation et acide acétique à 20 °/₀. Alcools. Carmin boraté. Coupes dans le baume.

Coupe faite sur un point du canal testiculaire excréteur où commencent à se former des éléments spermatogènes qui donneront naissance à un groupe d'acini.

Au sein de l'épithélium du canal excréteur se sont formés quelques protospermatoblastes dans le protoplasme desquels se distinguent quelques amas en gâteaux de granulations légèrement chromophiles.

La membrane limitante du canal s'est clivée en divers points *a*, *b*, *c*, et ses noyaux se sont multipliés et ont acquis des volumes qui les font saillir au dehors. Ce sont là les origines de nids centrifuges de germes qui constitueront un groupe d'acini ou diverticules.

FIG. 11. — *Astacus* de mars. Testicule ayant séjourné pendant trois mois dans la liqueur de Müller. Alcools. Hématoxyline. Coupe dans le baume.

Acinus peu volumineux et son canal de sortie.

Dans l'acinus un petit groupe de spermatozoïdes dans une cavité centrale bien délimitée et séparée des protospermatoblastes jeunes qui remplissent l'acinus. Le noyau des spermatoblastes a la nucléine à l'état finement granuleux. Le réticulum est très fin et très peu visible. Cytoplasme clair et peu épais.

La membrane propre de l'acinus s'est clivée par places pour faire place à des nids de germes déjà gros, et qui sont renfermés clairement entre les deux membranes de clivage. Les germes ne sont donc pas mêlés aux spermatoblastes.

Le canal excréteur montre un épithélium cylindrique et des parois épaisses où l'on reconnaît des muscles.

FIG. 12. — *Astacus* de mars. Testicule traité par la liqueur de Müller d'abord, puis par la liqueur chromo-acétique de Flemming. Coloration par le carmin aluné. Coupes dans le baume.

Acinus testiculaire petit dans lequel on distinguait nettement une cavité centrale vide par suite de l'expulsion des spermatozoïdes.

Autour de cette cavité se trouve un ensemble de spermatoblastes qui semblent se partager en deux groupes ; les cellules qui occupent le fond de l'acinus ont de gros noyaux arrondis dans lesquels la nucléine forme un réseau à grandes mailles et à grains très fins. Ces noyaux se colorent faiblement. Le protoplasme est clair et formé pour ainsi dire de vésicules claires. Les spermatoblastes placés près du goulot et entourant la cavité centrale ont des noyaux dans lesquels la nucléine se présente sous forme de gros grains ou nœuds reliés par un réseau à grains plus fins. Ces noyaux ce colorent mieux que les premiers. Le protoplasme est granuleux et se colore un peu. Il est divisé en régions ou sphérules par des cloisons du réticulum. Ces derniers spermatoblastes sont plus âgés et plus avancés que les premiers. Près des premiers se trouvent trois gros noyaux ou germes sphériques qui sont appelés à se transformer prochainement en spermatoblastes. Chez l'un d'eux situé en bas et à gauche, cette transformation a commencé par l'apparition d'une mince couche de protoplasme clair et hyalin.

La périphérie de l'acinus présente des nids assez importants de germes de remplacement déjà volumineux. Ces nids sont très nettement séparés des spermatoblastes par une membrane de clivage, qui se prolonge très distinctement du côté du goulot.

FIG. 13. — *Astacus* du 1er septembre, pris en liberté. Traitement par le sublimé à saturation dans l'eau, puis par les alcools gradués. Coloration par le carmin boraté. Coupes dans le baume.

Cul-de-sac acinien dans lequel les éléments sont fortement

tassés soit par suite de leur multiplication rapide, soit par suite de l'action des réactifs.

La cavité de l'acinus est occupée par des deutospermatoblastes chez lesquels le noyau très volumineux est pour ainsi dire diffus et masqué par la couche protoplasmique non différenciée. Ces noyaux présentent la nucléine à l'état granuleux Leur coloration est modérée.

Deux paires de gros germes de l'arrière-saison *b*, *c*, font saillie dans l'acinus. L'état de compression des parties masque le protoplasme des germes, et empêche qu'on ne reconnaisse ses limites.

La membrane présente des noyaux dont les uns *a* viennent de se séparer par division directe. La membrane est clivée à leurs niveaux, et là vont se former des nids de germes de remplacement.

Fig. 14. — Portion d'un acinus voisin du même testicule dans lequel les éléments paraissent moins comprimés. On distingue autour des noyaux une mince couche de protoplasme qui est différenciée, et entre les cellules, dans les angles surtout, traces de protoplasme caduc.

Fig. 15. — Etats successifs du développement des deutospermatoblastes du même testicule. Les éléments ont été faussement orientés par suite d'une erreur de gravure. La partie supérieure doit être placée en bas et *vice versa*.

a. Deutospermatoblaste à gros noyaux pour ainsi dire diffus, et à couche protoplasmique non différenciée.

b. Deutospermatoblaste où le noyau s'est rétracté et délimité d'avec le protoplasme.

c. Deutospermatoblaste dans lequel la vésicule très colorée se voit au contact du noyau.

d. Deutospermatoblaste à la même phase vu obliquement.

e. — dans lequel la vésicule a grandi et présente un dépôt chromophile en cloche sur sa moitié supérieure.

f, *g*. Deutospermatoblaste avec vésicule plus grande.

h. — — au maximum et cloche.

i. — avec cloche dont le bord inférieur s'est recourbé en haut et en dedans.

Fig. 16. — *Astacus* du 1er septembre, pris en liberté. Spermatoblastes très jeunes à couche protoplasmique mince, dont le

noyau est parcouru par un réseau délicat à grains chromophiles très fins, venant de se diviser par clivage et par voie amitotique.

FIG. 17. — *Pagurus striatus* du 18 mars. Testicule traité par la liqueur de Müller et les alcools. Coloration par l'hématoxyline.

Diverticule du tube testiculaire présentant de dedans en dehors :

1° Une cavité remplie de deutospermatoblastes présentant à côté du noyau la vésicule céphalique déjà volumineuse ;

2° Une cavité lenticulaire occupée par des protospermatoblastes encore jeunes, mais comprimés et serrés, et ne laissant apercevoir qu'au niveau des angles de rencontre le protoplasme caduc très aminci et très amoindri ;

3° La membrane propre du cul-de-sac clivée dans presque toute la partie convexe et terminale du diverticule et renfermant des germes de remplacement déjà volumineux et destinés à former un nid de germes qui coiffera comme une lentille concavo-convexe le nid plan-convexe formé par les spermatoblastes. Il y a là trois générations différentes d'éléments reproducteurs nettement séparées par des membranes de clivage.

PLANCHE II.

FIG. 1. — *Carcinus mœnas* du 4 décembre. Testicule traité par la solution aqueuse saturée de sublimé, additionnée de 20 °/₀ d'acide acétique. Coloration par le carmin boraté. Coupes dans le baume. Objectif F de Zeiss.

Diverticule du tube testiculaire montrant :

1° La cavité du diverticule remplie de deutospermatoblastes à noyaux diffus et semblables à ceux de la fig. 12, de la Pl. I, sauf qu'il y a au centre quelques grains chromophiles plus gros ;

2° Deux nids de l'arrière-saison *b*, *c*, composés chacun d'une paire de gros noyaux germes provenant d'une division directe. Ces nids vont entrer en prolifération pour remplacer la génération de deutospermatoblastes qui est près de se transformer en spermatozoïdes. Entre la couche 1° et ces nids se trouve une membrane de clivage très délicate, mais cependant bien visible par places ;

3° La membrane propre du diverticule renfermant des noyaux dont l'un *a* est en voie de division amitotique pour devenir le point de départ d'un nid de germes futurs.

FIG. 2. — Même *Carcinus mœnas*. Même préparation. Dans ce diverticule, les noyaux de la membrane sont plus volumineux que dans la fig. 1, et leurs divisions amitotiques y sont plus nombreuses et plus avancées.

FIG. 3. — *Palinurus vulgaris* du 8 janvier. Testicule traité par la solution saturée de sublimé avec 20 °/₀ d'acide acétique : Carmin boraté. Coupes dans le baume.

Cette coupe représente un diverticule du tube testiculaire dans lequel on voit de dedans en dehors:

1° Une masse de deutospermatoblastes de la 1re génération mesurant 0mm,014 et remplissant la grande cavité du cul-de-sac. Leur noyau mesurant 0mm,008 renferme la nucléine à l'état de grains nombreux et assez fins. Leur protoplasme renferme un et parfois deux corpuscules réfringents, se colorant plus vivement par le carmin que ne l'indique la figure. La plupart de ces corpuscules sont arrondis, mais l'un d'eux a une forme étoilée. Ces corpuscules ou Nebenkern existent dans presque toutes les cellules, mais non dans toutes. Ils paraissent de nature nucléinienne. Parmi ces deutospermatoblastes, il n'y a pas un seul *noyau germe*. Tous ont été transformés en spermatoblastes.

2° Une membrane qui limite ce grand cul-de-sac, et qui présente par places des clivages renfermant dans leurs cavités des noyaux déjà volumineux et venant de se diviser. Ces noyaux pourront devenir ultérieurement la source de germes.

3° Une couche de cellules de formes et de dimensions diverses, constituant une lentille concavo-convexe. C'est le nid appelé à fournir la génération qui succédera immédiatement à celle de la masse interne. On y voit : 1° des protospermatoblastes de dimensions variées. Sur la préparation on en voit trois qui vont en décroissant vers l'angle ou le bord de la lentille. Le plus gros a 0mm,02 de diamètre, et son noyau mesure 0mm,013. On voit que les dimensions de cet élément sont supérieures à celles des éléments de la couche centrale qui ont subi une première division. Les noyaux renferment moins de chromatine que ceux de la masse centrale, et cette dernière forme des nucléoles ou nœuds plus volumineux.

Le protoplasme ne renferme pas de Nebenkern : 2° des noyaux ou germes de blastème de dimensions variées, plongés dans un protoplasme commun finement granuleux. Les dimensions du gros noyau placé au voisinage du plus petit des protospermatoblastes permettent de saisir le passage des petits noyaux germes aux spermatoblastes volumineux.

4° Une membrane limitante externe renfermant des noyaux aplatis, qui sont à l'état quiescent mais qui sont appelés, en se divisant et en se multipliant, à fournir des nids de germes à venir.

Les Nebenkern d'aspect nucléinien des deutospermatoblastes de la première génération me portent à les considérer comme résultant de la première mitose.

Fig. 4. *Palinurus vulgaris* du 8 *janvier*. Même préparation ; mais coloration par le carmin aluné.

Coupe d'un diverticule montrant de dedans en dehors :

1° Des protospermatoblastes en train de se diviser mitotiquement. La plupart possèdent un beau faisceau avec plaque équatoriale composée de très nombreux bâtonnets chromatiques ; l'une des plaques est vue de face. Dans un cas l'élément nucléinien est à l'état de peloton qui se fragmente.

Aucune cellule ne possède de Nebenkern, ou corps paranu cléaire.

2° Une couche ou cloison comprenant une série de noyaux germes compris entre 2 lames ou membranes de clivage ; cette couche se continue manifestement à la périphérie avec la membrane propre du diverticule.

3° Une couche de jeunes spermatoblastes avec quelques noyaux germes, déjà volumineux, moins colorés que ceux de la cloison, et près de se transformer en spermatoblastes.

4° Une membrane propre renfermant quelques petits noyaux aplatis, dont deux paires résultent d'une division directe récente, et qui sont appelés à fournir les nids de germes à venir.

Ce diverticule appartenant au même animal que celui de la fig. 3 est dans une période un peu moins avancée que ce dernier.

Fig. 5. *Maja squinado* du 26 mars. Testicule traité par le mélange de solution saturée de sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique. Coloration sur coupes soit par le carmin aluné, soit par

l'hématoxiline. La coupe montre un diverticule du tube testiculaire présentant de dedans en dehors :

1° Une cavité centrale restreinte renfermant quelques spermatozoïdes complètement développés, et restant de la génération précédente ;

2° Une membran limitante avec noyaux aplatis ;

3° Une couche de deutospermatoblastes dont les uns externes ont des noyaux dont la nucléine s'est portée toute vers un côté de la membrane nucléaire, dont les moyens présentent la forme à noyau diffus, avec grain nucléolé central, et dont les internes présentent une partie massive très réfringente et très colorée, entourée d'une zone mince faiblement colorée.

L'état de la couche externe résulte peut-être de l'action un peu brutale du fixateur.

La couche interne paraît plus avancée que la couche externe Peut-être même la vacuole céphalique y a-t-elle déjà paru. Mais je n'ai pu l'apercevoir ;

4° Une membrane qui limite extérieurement la couche 3° et qui renferme des noyaux petits et discoïdes.

5° Une masse lenticulaire concavo-convexe occupée tout entière par des noyaux germes des diverses dimensions plongés dans un protoplasme commun granuleux. Quelques-uns de ces noyaux sont devenus gros, arrondis et relativement clairs, et sont sur le point d'acquérir une zone protoplasmique pour devenir de jeunes protospermatoblastes. Les noyaux périphériques sont encore petits et aplatis, et en voie de division et de multiplication. C'est là un nid de germes qui fournira la génération qui succédera à la couche 3°.

6° Une membrane limitante externe renfermant de très petits noyaux plats qui paraissent quiescents.

Cette préparation offre un très vif intérêt, par la série de générations qu'elle renferme, et par l'apparence très nette et la conservation des cloisons membraneuses qui les séparent.

Fig. 6. — Protospermatoblaste de même *Maja* montrant la structure granuleuse de la nucléine, et la division du cytoplasme en régions séparées par de fines cloisons. D D de Zeiss. Le diamètre de ces protospermatoblastes est de $0^{mm},017$, tandis que celui des deutospermatoblastes de la fig. 5 est de $0^{mm},01$.

Fig. 7. — *Pagurus striatus* du 20 novembre. Solution de sublimé et acide acétique. Coloration par le carmin boraté.

Coupe portant sur la portion élargie du canal déférent.

En dehors, membrane conjonctive avec ses noyaux aplatis.

En dedans, couche épithéliale passant peu à peu vers la gauche à l'état de membrane conjonctive identique à la membrane externe.

Fig. 8. — *Astacus fluviatilis* du 3 novembre. Solution saturée de sublimé mêlée à 20 % d'acide acétique glacial. Série des alcools. Carmin boraté. Coupes dans le baume.

Portion de la partie superficielle d'un acinus pour montrer les relations des éléments. On n'a dessiné que les éléments adhérents à la paroi.

Deux protospermatoblastes jeunes, dont les noyaux mesurent $0^{mm},016$, et présentent un réseau à grains fins et délicats de nucléine. Le cytoplasme, hyalin et très mince, commence à acquérir par places de petits disques lenticulaires de fines granulations qui se colorent légèrement.

Les noyaux germes sont nombreux, car les spermatoblastes sont rares. Ils se multiplient par division directe, et se colorent vivement.

La membrane de l'acinus renferme sur un point un gros noyau avec clivage prononcé, et sur un autre point deux noyaux plats et discoïdes résultant d'une division directe.

Fig. 9. — Autre *Astacus fluviatilis* du 1er septembre pris en liberté. Solution aqueuse saturée de sublimé. Alcools. Carmin boraté. Coupes dans le baume.

Coupe prise dans un testicule où le développement des spermatozoïdes est relativement plus avancé que chez les autres animaux qui ont été pris et préparés le même jour. Tous les acini et toutes les cavités testiculaires sont remplis de spermatozoïdes bien développés, tandis que chez d'autres *Astacus* les spermatozoïdes étaient encore imparfaits. Je n'ai reproduit que 4 spermatozoïdes, pour ne pas surcharger inutilement la figure. L'intérêt de la préparation se trouve d'ailleurs dans les spermatoblastes.

Ces protospermatoblastes constituent une rangée unique située sur la membrane de l'acinus. Leur dimension et leur constitution démontrent qu'ils sont jeunes. Leurs noyaux ont en moyenne $0^{mm},02$ de diamètre. Ils sont parcourus par un réseau à grandes mailles à grains fins. En outre leur corps protoplasmique est très mince et hyalin.

Ce sont là des caractères de jeunesse chez les protospermatoblastes.

Mais ce qu'ils présentent de très intéressant, c'est qu'ils se multiplient par division directe et clivage. On voit, en *e* et *e'*, des noyaux qui viennent de se cliver La couche de protoplasme qu'ils possèdent sur les faces de clivage est encore très mince.

Je suis disposé à penser que ces protospermatoblastes jeunes, mais tardifs, se multipliant ainsi en une couche unique et par division directe, proviennent des nids de l'arrière-saison représentés Pl. I, fig. 4, 9, 13, et observés sur d'autres *Astacus* un peu moins avancés, également le 1er septembre de la même année.

La membrane de l'acinus renferme des noyaux dont quelques-uns grossissent et se divisent pour constituer des nids.

Fig. 10 et 11. — Protospermatoblastes de la même préparation, présentant une segmentation directe, à surface oblique pour le premier, et perpendiculaire pour le second.

Fig. 12. — *Pagurus striatus* du 6 novembre.

Testicule traité par la solution aqueuse saturée de sublimé, additionnée de 20 °/₀ d'acide acétique glacial. Alcools. Carmin boraté. Coupes dans le baume.

Diverticule du tube testiculaire présentant de dedans en dehors:

1° Une masse de protospermatoblastes volumineux mesurant environ $0^{mm},02$, avec des noyaux de $0^{mm},01$. Le cytoplasme est volumineux et très granuleux, se colorant assez facilement. Les noyaux ont la nucléine à l'état irradié, c'est-à-dire dans une phase précédant la caryocinèse. Ces cellules volumineuses occupent la plus grande partie de l'acinus. Toutes sont au même degré de développement;

2° Une masse lenticulaire concavo-convexe de protospermatoblastes plus jeunes. Les cellules sont moins volumineuses, le cytoplasme est bien moins épais; il est clair, à grains très fins, et très peu colorable. Les noyaux présentent la nucléine à l'état de grains de dimensions variées, et dont quelques-uns assez gros forment des nucléoles nucléiniens. Dans aucune de ces cellules, pas plus que dans celles de la masse 1°, je n'ai aperçu de Nebenkern.

Entre la couche 1° et 2° il existe une membrane que l'on distingue surtout au voisinage des parois de l'acinus;

3° La membrane propre de l'acinus renfermant des noyaux déjà volumineux, se multipliant pour former un nid de germes qui jouera, par rapport à la masse 2°, le même rôle que cette dernière a joué vis-à-vis de la masse 1°, c'est-à-dire qu'elle la poussera en grossissant vers la base du diverticule, et la remplacera.

Ces noyaux sont situés entre deux membranes de clivage visibles par place et surtout au niveau du gros noyau qui se trouve à gauche. Ces noyaux constituent des germes et représentent la troisième génération des éléments contenus dans l'acinus.

Je dois faire remarquer que toutes les cellules de la couche 1° présentaient la même phase, et que par conséquent aucune ne pouvait être considérée comme stationnaire et comme la source de la future régénération. Je ne pense pas non plus que vom Rath puisse songer à considérer la couche 2° comme représentant ses cellules stationnaires, car elles sont trop nombreuses; d'après vom Rath, en effet, ce rôle serait dévolu à quelques cellules *rares* et placées çà et là, dispersées.

FIG. 13. — *Pagurus striatus*. Portion provenant du même testicule que la fig. 12. Coupe prise sur les bords d'un acinus pour montrer l'état des cellules spermatoblastes dans lequel la nucléine devenue rare a presque disparu du centre des noyaux et s'est portée vers la périphérie. Le cytoplasme est rempli de granulations très nombreuses et assez colorables, qui masquent les contours du noyau. Cet état se retrouve assez souvent. La membrane épaisse renferme de petits noyaux plats et discoïdes.

FIG. 14. — *Astacus fluviatilis* du mois de novembre. Testicule fixé d'abord dans la liqueur de Ripart et Petit; puis dans la solution aqueuse saturée de sublimé additionnée de 5 °/₀ d'acide acétique glacial. Alcools. Double coloration obtenue par une première immersion dans le carmin boraté et par une seconde dans le carmin d'indigo. La nucléine est très colorée en rose; tout le reste de la préparation est d'une belle couleur bleue.

1° A l'intérieur de l'acinus quelques protospermatoblastes encore jeunes. Celui de droite est très jeune. Son noyau, relativement petit, a tout à fait l'aspect des gros noyaux germes placés dans le voisinage, et son cytoplasme est très peu important et clair. Ces spermatoblastes sont entourés de protoplasme caduc granuleux et en lambeaux déchiquetés.

2° Au-dessous, un nid de germes composé de quatre gros noyaux germes plongés dans un protoplasme commun et séparés de la masse interne par une membrane que l'absence de cellules voisines et une belle coloration bleue rendent on ne peut plus évidente. Il y a là une lentille très nette, dans laquelle ne figure aucun spermatoblaste, et qui est bien délimitée par des membranes de clivage.

3° Au dehors est la membrane propre de l'acinus renfermant des noyaux se multipliant amitotiquement pour former de nouveaux nids de blastème contenus entre des membranes de clivage. A droite le nid renferme déjà quatre noyaux.

Fig. 15. — *Astacus fluviatilis* du 9 novembre. Testicule fixé d'abord dans la liqueur de Ripart et Petit, puis dans la solution de sublimé additionnée de 10 % d'acide acétique glacial. Coloration sur coupes par l'hématoxyline de Delafield. Coupes dans le baume.

Jeune acinus en train de se former, dans la cavité duquel l'on voit trois protospermatoblastes récemment formés mais d'âges et de dimensions un peu différents, plus des groupes de gros noyaux de blastème destinés à former des protospermatoblastes. Toutes ces parties sont plongées dans du protoplasme caduc dans lequel on distingue quelques fins tractus dus à l'apparition de quelques vacuoles. L'acinus paraît provenir de deux nids de blastème voisins, car il est étranglé, et au niveau de l'étranglement se trouve une série de noyaux qui sont accompagnés en haut par des vestiges de membrane. Il résultera du développement de ces parties la formation de deux acinus convergents.

Chacun d'eux est surmonté et gonflé d'ailleurs d'un nid de germes nettement limité par deux membranes de clivage, l'une interne et l'autre externe.

Fig. 16. — Portion du même testicule que la fig. 15. Même préparation.

Portion d'acinus renfermant à l'intérieur et contre la paroi seulement des protospermatoblastes jeunes et des germes entremêlés, et plongés dans du protoplasme caduc qui occupe le centre de l'acinus.

La membrane contient des noyaux déjà volumineux dont l'un vient de se diviser, et qui par leur accroissement de volume ont accentué le clivage de la membrane.

FIG 17. — Même préparation que la précédente. Enveloppe générale du testicule avec ses noyaux rares, et aplatis dont l'un est en train de se diviser.

FIG. 18. — Même préparation. Membrane propre d'un acinus avec ses noyaux multiples et fréquents.

FIG. 19 et 20. — Même préparation. Noyaux venant de se diviser.

FIG. 21. — *Astacus* du 3 novembre. Solution saturée de sublimé, alcools, carmin boraté. Coupes dans le baume.

Portion d'acinus présentant à l'intérieur de la membrane une série de protospermatoblastes encore jeunes à corps protoplasmique très mince et pâle transparent. Le noyau avec réticulum nucléinien à nœuds ; noyaux germes situés entre les protospermatoblastes. Le centre de l'acinus est occupé par du protoplasme caduc devenu granuleux et vacuolaire.

La membrane renferme une série de noyaux inégalement développés, et destinés à constituer un nid de germes. La membrane interne de clivage se voit fort bien par places.

FIG. 22. — *Homarus vulgaris* du 10 janvier. Testicule traité par la solution de sublimé et acide acétique glacial à 20 °/₀. Alcools; carmin boraté. Coupes dans le baume.

Diverticule testiculaire sur lequel se forme un nouveau diverticule par le développement d'un nid de germes. Dans le diverticule primitif, spermatoblastes en voie de cinèse. Un seul plus jeune est encore quiescent.

Dans le diverticule récent qui forme comme une verrue ou excroissance à la surface supérieure on voit des éléments différents noyés dans une masse commune de protoplasme caduc granuleux. Des éléments qui y sont renfermés les uns plus nombreux sont des noyaux germes déjà arrondis et volumineux. Leur nucléine est disposée sous forme de réseau à petits nœuds, exactement comme dans le noyau des jeunes spermatoblastes.

A droite et en haut un de ces noyaux plus volumineux est *exactement* constitué comme celui des jeunes et petits spermatoblastes de même groupe.

La figure ne rend pas assez fidèlement cette ressemblance qui était très grande sur la préparation. En bas, quelques spermatoblastes dont quelques-uns très jeunes à petits noyaux réticulés, et à protoplasme mince et hyalin.

En haut, deux spermatoblastes *c*, *d*, à noyaux volumineux, à nucléine irradiée, et semblant par conséquent se préparer à la cinèse.

On voit donc que dans ce nid, destiné à fournir un diverticule de nouvelle formation, les éléments se trouvent à des degrés assez différents de développement.

Entre les spermatoblastes en cinèse et le diverticule nouveau se voit une cloison très marquée, et dans laquelle des noyaux ont grossi, se sont divisés et semblent vouloir fournir de nouveaux germes. La membrane ou cloison s'est fortement clivée au niveau des noyaux.

En haut de la cloison est un noyau dans lequel s'est fait une division multiple par clivage simultané.

Enfin la membrane qui recouvre le nouveau diverticule renferme au niveau du sommet une réunion de noyaux *a* aplatis destinés à fournir un autre nid qui fera à son tour saillie sur le diverticule.

FIG. 23. — *Homarus vulgaris* du 10 janvier.

Sublimé et acide acétique glacial. Alcools. Carmin boraté. Coupes dans le baume.

Portion de cul-de-sac ou diverticule testiculaire, montrant de dedans en dehors :

1° Une masse de protospermatoblastes, avec quelques gros noyaux germes ayant exactement la structure des noyaux des protospermatoblastes. Le cytoplasme de ces derniers renferme souvent un ou plusieurs Nebenkern ; mais il est surtout remarquable en ce qu'il manifeste nettement sa structure globuleuse. Ces globules sont à peu près sphériques et renferment de nombreux grains qui se colorent assez bien. Quelques globules sont clairs, transparents, incolores, d'apparence liquide, et possèdent une sorte de nucléole coloré qui est formé d'une agrégation de grains assez chromophiles. Ces vésicules claires sont assez fréquentes dans la préparation ;

2° Deux nids de germes déjà gros et limités par une membrane de clivage interne sans noyaux, et une externe avec noyaux plats et discoïdes. Ces deux membranes proviennent du clivage de la membrane propre de l'acinus. Les noyaux germes sont plongés dans un protoplasme clair à fins granules qui n'a pas été dessiné.

3° L'enveloppe générale du testicule ou enveloppe externe avec noyaux aplatis.

FIG. 24. — *Pagurus striatus* du 30 janvier. Sublimé et acide acétique. Alcools. Carmin boraté. Coupes dans le baume.

Portion du tube testiculaire dont la cavité est remplie par des protospermatoblastes dont la plupart ont un noyau à nucléine irradiée, et se préparent à entrer dans les phases de la cinèse. Leur protoplasme est volumineux et d'aspect globuleux. Un seul a été complètement dessiné; les autres ne sont qu'indiqués. Parmi ces spermatoblastes ne se trouve plus un seul noyau germe, parce que *tous* se sont transformés en spermatoblastes.

La paroi propre de l'acinus est intéressante parce qu'elle présente un groupe de clivages juxtaposés renfermant des noyaux germes de dimensions variées, mais croissant de bas en haut. Dans la cavité supérieure de clivage qui est représentée béante dans la figure se trouvaient deux gros noyaux sphériques qui avaient exactement l'aspect des noyaux des jeunes spermatoblastes. Il y a donc là un groupe de nids de germes, ou un nid subdivisé par suite de clivages partiels et localisés de la membrane.

FIG. 25. — *Pagurus striatus* du 9 avril. Sublimé et acide acétique. Alcools. Carmin aluné. Coupes dans le baume.

Portion de paroi d'un acinus rempli de deutospermatoblastes à couche protoplasmique assez mince, et dont les noyaux volumineux renferment la nucléine à l'état d'étoiles irrégulières de grains chromophiles. Les limites du noyau sont très peu marquées. Ces cellules se préparent à la cinèse.

La membrane propre renferme des noyaux en division directe encore très petits.

FIG. 26. — *Pagurus striatus* du 20 mars. Mêmes réactifs. Coupes dans la glycérine.

Un gros protospermatoblaste appliqué contre des nids partiels séparés par des cloisons, provenant de clivages partiels et localisés de la paroi, semblables à ceux de la fig. 24.

PLANCHE III.

FIG. 1. — *Pagurus striatus* du 15 janvier. Testicule fixé dans une solution de bichromate d'ammoniaque à 2 % pendant dix jours; puis dans la série des alcools. Carmin boraté. Coupes dans le baume.

Portion de diverticule dont la cavité est remplie par des protospermatoblastes à nucléine en étoile avec nucléole central. Limites du noyau à peine perceptibles. Protoplasme granulé, se colorant passablement. En dehors, nids de gros noyaux séparés des spermatoblastes par une très fine membrane de clivage.

Membrane propre du diverticule avec petits noyaux plats se divisant.

Fig. 2. — Un protospermatoblaste du même testicule vu sur une coupe plus fine au 0mm,01.

Fig. 3. — Un protospermatoblaste du même testicule isolé par dissociation.

Fig. 4. — *Pagurus striatus* du 20 novembre. Solution de sublimé et acide acétique glacial à 20 %. Carmin boraté. Coupes dans le baume. Objectif F de Zeiss.

Portion de diverticule dont la cavité centrale est occupée par des spermatozoïdes près de leur développement parfait.

En dehors est un groupe lenticulaire concavo-convexe de spermatoblastes chez lesquels la membrane nucléaire a disparu, et dont la nucléine s'est réunie en disques ou masses aplaties à bords étoilés. Cet état est une phase (phase de la plaque équatoriale) de l'une des formes inférieures de la caryocinèse. La limite entre la masse des spermatozoïdes et cette couche à spermatoblastes est très nette et bien tranchée.

En bas l'angle du croissant formé par cette couche est soulevé par un nid de noyaux germes déjà volumineux et ovoïdes ; ce nid dont on ne voit qu'un fragment est séparé de la couche précédente par une délicate membrane de clivage. Le protoplasme au sein duquel sont ces noyaux est un protoplasme commun et indivis, et c'est *à tort* que le graveur s'est permis de représenter son bord déchiré, comme *arrondi* autour des noyaux.

La membrane propre du diverticule contient des noyaux dont quelques-uns se sont divisés et ont grossi pour former un nid de germes pour l'avenir.

Ce diverticule renferme donc quatre générations différentes et successives d'éléments spermatogènes, qui se superposent en allant de dedans en dehors, du plus âgé au plus jeune.

Fig. 5. — *Pagurus striatus* de la fig. 4. Objectif D de Zeiss.

Portion de diverticule rempli de protospermatoblastes à noyau tendant vers la forme à nucléine irradiée.

L'enveloppe du diverticule contenant des noyaux germes s'est déchirée pendant les manipulations, et un nid de germes s'est en partie détaché montrant nettement les deux membranes de clivage, l'une interne et l'autre externe. En B se voit un nid semblable détaché de la surface du diverticule voisin.

FIG. 6. — *Pagurus striatus* de la fig. 4. Jeune nid de germes très jeunes et petits, avec ses deux membranes de clivage et deux spermatoblastes dont le contour seul a été dessiné.

FIG. 7. — *Pagurus striatus* du 20 novembre. Solution de sublimé et acide acétique glacial à 20 °/₀. Carmin boraté. Coupes dans le baume, fragment du tube testiculaire dont la grande cavité est occupée par : 1° des deutospermatoblastes de la première génération en voie de karyocinèse à plaque massive et sans fuseau.

2° En dehors on voit l'angle d'un nid de germes dont quelques-uns sont encore petits, mais dont la plupart ont acquis les dimensions et la structure des noyaux de jeunes protospermatoblastes. Ils sont plongés dans un protoplasme commun granuleux, dans lequel on distingue quelques stries fines dues à la compression et au feutrage du réticulum du protoplasme commun, mais qui ne représentent en rien des limites de corps cellulaires. Ces derniers n'ont pas encore paru.

Ce nid est visiblement formé dans une cavité de clivage de la membrane propre, cavité comprise entre un feuillet interne sans noyaux et très délicat, et un feuillet externe avec noyaux et très petites cavités de clivage.

En bas on voit l'angle d'une autre grande cavité de clivage.

Enfin en dehors est l'enveloppe générale du testicule avec noyaux rares.

FIG. 8.— *Carcinus mœnas* du 18 décembre. Traitement par la liqueur de Müller, et les alcools. Coloration par l'hématoxyline de Delafield. Coupes dans la glycérine.

Trois diverticules testiculaires voisins et une portion de tube secréteur. Le diverticule médian seul a été entièrement dessiné. Les autres ne le sont que partiellement.

Chacun des acini a sa cavité occupée par deux couches superposées et concentriques.

1° Une couche ou masse interne composée entièrement de spermatozoïdes presque entièrement développés.

2° Une couche externe en forme de lentille concavo-convexe

qui coiffe la couche 1°, et qui est entièrement composée de protospermatoblastes jeunes et quiescents, dans lesquels le noyau a la nucléine à l'état granuleux, et dont le protoplasme assez clair est nettement divisé en sphérules claires.

Entre les deux couches 1° et 2° se trouve toujours une membrane très nette dans laquelle existent ou n'existent pas des noyaux. Dans le cas actuel la membrane de l'acinus médian contenait plusieurs noyaux aplatis. C'est évidemment une membrane résultant du clivage de l'enveloppe propre de l'acinus. Cette enveloppe est restée comme membrane externe et contient des noyaux identiques à ceux de la membrane interne.

L'acinus de droite se montre comme un diverticule du tube excréteur *a* qui est dessiné avec son épithélium, et des spermatozoïdes devenus libres qui sont situés dans le canal. L'épithélium n'existe qu'à gauche, la face opposée n'est représentée que par une membrane de clivage derrière laquelle est la masse des spermatozoïdes. Cette figure peut s'interpréter comme un acinus développé sur un point du pourtour du tube testiculaire primitif.

Fig. 9. — Deux protospermatoblastes de la figure précédente, destinés à bien marquer les détails de structure. Diamètre moyen $0^{mm},009$. Diamètre des spermatozoïdes $0^{mm},004$.

Fig. 10. — *Astacus* du 12 juillet.

Traitement par la liqueur chromo-acéto-osmique de Flemming. Coloration pour l'hématoxyline. Coupes dans la glycérine.

Noyau à forme irradiée très nette. Cytoplasme très mince et clair, dans lequel se forme sur un point une accumulation ou protubérance de granules réfringents et colorés. Diamètre $0^{mm},02$.

Fig. 11. — Même *Astacus* du 12 juillet.

Liqueur de Flemming. Dissociation dans la glycérine picrocarminatée.

Protospermatoblaste dont le noyau présente la forme irradiée de la chromatine, et dans le protoplasme clair duquel s'est dessinée une grosse sphère à grains passablement chromophiles, dont la fig. 10 représente probablement une phase de début.

Fig. 12. — Même *Astacus*, même dissociation.

Protospermatoblaste dont le noyau présente la forme irradiée

de la chromatine. Autour de celui-ci se sont formées plusieurs accumulations ou protubérances analogues à celles de la fig. 10, et qui deviendront probablement des sphérules protoplasmiques distinctes.

FIG. 13. — Même *Astacus* et même dissociation.

Protospermatoblaste dont les sphérules protoplasmiques se sont fort accrues, en même temps que leurs granulations ont en partie disparu. Noyau à chromatine irradiée.

C'est par une erreur du graveur que la grosse sphérule de gauche a un double contour.

FIG. 14. — Même *Astacus* du 12 juillet. Mêmes réactifs. Coupes dans la glycérine.

Portion d'acinus dont la cavité est remplie de gros protospermatoblastes.

Les noyaux présentent la nucléine à l'état de gros grains séparés ou de nucléoles nucléiniens multiples et isolés, indépendants. C'est à tort que le graveur a représenté la membrane nucléaire par un double contour.

Dans le protoplasme sont de grosses concrétions ou inclusions protoplasmiques granuleuses et se colorant assez bien quand elles sont petites ; mais demeurant claires et incolores en grossissant. La teinte de ces inclusions est trop accentuée sur la figure.

Membrane propre avec 2 gros noyaux venant de se diviser, situés dans une cavité de clivage, et pouvant devenir la source d'un nid futur de germes.

FIG. 15. — *Pagurus striatus* du 19 mars. Testicule traité par la solution aqueuse saturée de sublimé, additionnée de 10 °/₀ d'acide acétique glacial ; alcools. Carmin boraté. Coupe dans le baume observée avec l'objet à immersion homogène 1/12 de Zeiss.

Portion de diverticule de formation nouvelle, renfermant des éléments cellulaires à des degrés divers de développement. La période active de l'organe est commencée ; les diverticules sont remplis de protospermatoblastes qui sont en mitose ou se préparent à la mitose, ainsi que le prouve la fig. 16 prise sur le même animal. Mais la portion représentée ici fig. 15 correspond à une région d'un diverticule où les éléments sont le moins avancés. On y distingue en effet :

1° Un gros noyau germe *b* ayant déjà acquis le volume et la

structure des noyaux des spermatoblastes, mais n'ayant pas encore acquis une zone propre de protoplasme ou corps cellulaire.

2° Trois protospermatoblastes très jeunes *c. c′, c″* sur lesquels vient de se former une couche très mince et hyaline de protoplasme.

3° Des protospermatoblastes *d, d′ d″* un peu plus avancés avec protoplasme plus épais, et déjà granuleux. En *d′* on observe un petit Nebenkern.

4° Enfin un grand spermatoblaste *e*, à grand corps protoplasmique réticulé et granuleux. Son noyau, dont la membrane a été exagérée sur la figure, paraît représenter une plaque équatoriale vue de face.

Tous ces éléments sont plongés dans un protoplasme caduc très abondant et granuleux.

Enfin on trouve près de la paroi une série de noyaux aplatis *aa, a* que je considère comme un nid de germes en voie de formation. J'ai cependant soupçonné, plutôt que nettement observé, la membrane interne de clivage qui les sépare des éléments plus avancés, de telle sorte qu'il se pourrait que ces noyaux ne fussent que des éléments moins avancés du diverticule.

Cette préparation montrait d'une manière remarquable les diverses phases de la transformation des noyaux germes en protospermatoblastes.

Fig. 16. — Même *Pagurus striatus* du 19 mars. Même préparation. Même coupe.

Portion du tube testiculaire remplie de gros protospermatoblastes à noyaux irradiés, c'est-à-dire se préparant à la cinèse, avec quelques rares noyaux germes attardés et intercalés entre les grandes cellules.

Membrane propre de l'acinus détachée pendant les manipulations et montrant en *b* deux noyaux aplatis venant de se séparer, et en *a* des noyaux en division par voie de clivage et préparant un nid de germes. Ils sont plongés dans un protoplasme indivis, et sont compris entre deux membranes de clivage que l'isolement de la membrane propre de l'acinus rend trés évidentes.

Fig. 17. — *Astacus* du 3 novembre. Testicule fixé par la solution aqueuse saturée de sublimé, additionnée de 20 °/₀ d'acide acétique glacial. Alcools. Coloration des coupes par le carmin

boraté. Préparation étudiée avec l'objectif à immersion homogène 1/16 de pouce de Leitz.

Coupe comprenant toute l'étendue d'un tube testiculaire A et une portion d'un tube voisin B, ou du même tube recourbé.

Tube A. — Ce tube est composé des parois membraneuses et de l'épithélium interne.

Les parois membraneuses se composent de deux parties : 1° La partie interne ou paroi propre, membrane propre du tube qui forme une lame continue sur laquelle repose directement l'épithélium ; 2° La partie périphérique composée de membranes et de rubans reliés par des tractus à la partie interne et délimitant des cavités, des aréoles qui communiquent entre elles et constituent une sorte de tissu spongieux et caverneux. Cette partie représente plus directement l'enveloppe générale du tube testiculaire et les tractus qui la relient à la membrane propre. Les mailles de ce tissu aréolaire sont, les unes libres et occupées par le sang ou liquide nourricier. Les globules sanguins s'y engagent ; et c'est là un vrai réseau circulatoire. On voit en *a* dans une de ces mailles un globule sanguin dont le noyau est coloré très vivement, et qui est exactement semblable aux corpuscules du sang du même animal. D'autres vacuoles sont occupées par de beaux noyaux qui ont exactement les caractères des gros noyaux germes, et dont la plupart sont en voie de division directe par voie de pulvérisation de la nucléine et par clivage. Ce sont là pour la plupart des nids de germes destinés à croître, à grossir, à entrer en communication directe avec la cavité du tube, et à former de nouveaux acini à la surface du tube testiculaire primitif.

L'épithélium est composé de belles cellules dont les noyaux ont exactement la structure des noyaux germes et des noyaux déjà vus dans les mailles de la paroi. Les corps protoplasmiques des cellules sont séparés par des limites extrêmement délicates. Ce protoplasme est d'ailleurs assez clair et finement granuleux. Sur une partie du pourtour les noyaux constituent une couche unique, et sont quiescents. Mais sur une moitié de ce pourtour ces noyaux se sont multipliés et semblent se préparer à de nouvelles divisions directes par pulvérisation de la nucléine. Aussi la couche épithéliale s'est-elle fortement épaissie dans cette partie, et la concavité de la membrane du tube est devenue plus accen-

tuée. En même temps des vacuoles claires naissent dans le protoplasme des cellules. Ces vacuoles sont tout à fait semblables à celles du protoplasme caduc et notamment des Pl. I, fig. 4, 6, 8; Pl. IV. fig. 1. Je les considère comme des signes et des avant-coureurs de la future dégénération du protoplasme des cellules épithéliales transformées.

Ce point, où les noyaux se sont multipliés, va devenir l'origine d'un diverticule spermatogène qui fera saillie sur le pourtour du tube testiculaire. C'est un nid centrifuge pour ainsi dire.

En B on voit les parois composées des mêmes éléments qu'en A. Mais l'épithélium montre quelques détails très importants. En *a* on voit un noyau dans lequel la nucléine s'est pulvérisée, et où commence à se manifester une zone sombre transversale ou voie lactée qui va devenir le lieu du clivage. En *b* on voit un spermatoblaste très jeune, à beau noyau réticulé, et à couche protoplasmique très mince et hyaline, par conséquent très récente. On remarquera que le spermatoblaste est avec les deux noyaux qui l'avoisinent placé dans une masse indivise de protoplasme. Il est probable qu'ils proviennent tous les trois de la division directe du noyau d'une cellule épithéliale, dont le corps protoplasmique qui est resté indivis constituera le protoplasme commun et caduc.

Cette figure démontre nettement la formation des futurs acini sur le pourtour du tube testiculaire, soit par multiplication et grossissement des noyaux interpariétaux, soit par la multiplication et le grossissement des noyaux de l'épithélium interne. Ce rôle commun, aussi bien que la structure identique de ces deux groupes de noyaux, établit entre eux des rapports étroits de signification et de nature.

Fig. 18. — Même *Astacus*, même préparation, observée avec l'objectif 1/12 de pouce à immersion homogène de Leitz.

Coupe oblique d'un tube testiculaire voisine de la coupe fig. 17.

La constitution des parois membraneuses est passible des mêmes remarques que pour la fig. 17. Il y a plusieurs nids de noyaux germes en voie de division et multiplication par pulvérisation et clivage.

De ces nids les uns sont centrifuges *c, d, h, f, e*. L'un d'eux est centripète *g*, la membrane de clivage interne étant plus mince et moins résistante que l'externe.

Dans le nid *c*, quelques noyaux sont devenus très volumineux, et ressemblent très exactement à ceux des protospermatoblastes.

Dans l'épaisseur de la membrane propre se voient des coupes de fibres musculaires *m*, *m*.

L'épithélium offre quelques points très remarquables. En *a* se trouve un gros protospermatoblaste à corps protoplasmique déjà assez gros, et un peu granuleux. Les noyaux des cellules voisines se sont multipliés; et là se trouve l'origine d'un acinus qui commence à saillir sur le tube testiculaire.

Dans quelques cellules des parois planes les noyaux se divisent; et là se formeront de futures protubérances ou acini.

Mais cette grande multiplication des noyaux a acquis une grande intensité vers l'extrémité droite de la coupe. On y trouve, à la base et contre la membrane, des noyaux très serrés et pressés par une multiplication active, de jeunes spermatoblastes *b'*, qui semblent se diviser amitotiquement comme les jeunes protospermatoblastes de la Pl. II, fig. 9, 10, 11, et qui n'ont encore qu'un corps protoplasmique très mince et hyalin ; et enfin deux éléments *b* dont l'un est un gros noyau germe sans protoplasme et l'autre un gros noyau de structure identique entouré d'une couche hyaline très mince. Cette dernière figure est bien propre à montrer le passage des noyaux germes aux protospermatoblastes.

Ces derniers éléments sont plongés dans un protoplasme commun ou caduc, et l'on voit çà et là des vacuoles précurseurs de la dégénérescence du protoplasme caduc.

Fig. 19. — Même *Astacus* du 3 novembre, même préparation. Coupes dans le baume observées avec l'objectif à immersion homogène 1/12 de pouce de Zeiss.

Belle coupe portant sur deux acini voisins d'origine récente. La coupe, probablement perpendiculaire à l'axe des acini et parallèle à l'axe du tube testiculaire n'a pas atteint ce dernier.

L'acinus B est le plus jeune. Il faut considérer en lui les parois et le contenu. On peut dire de ses parois ce que nous avons dit des parois des coupes fig. 17 et fig. 18, sauf qu'elles sont moins riches en lames conjonctives. Les lacunes des parois présentent de beaux noyaux germes *b' b' b' b'*, à nucléine pulvérisée, et se divisant assez activement. Ce sont des nids centrifuges, origine de futurs acini.

Dans la cavité de l'acinus B, se trouvent de forts beaux noyaux plongés dans un protoplasme granuleux indivis. Ces noyaux montrent tous de forts beaux phénomènes de division par pulvérisation de la nucléine, voie lactée et clivage. Dans la coupe de cet acinus on n'observe pas un seul protospermatoblaste. Il ne paraît y avoir que des noyaux germes en division active.

L'acinus A présente un état plus avancé. Dans ses parois sont deux nids centrifuges *b*, *b*. Dans la cavité on remarque des noyaux germes se divisant par voie de pulvérisation et de clivage; les uns arrondis, volumineux, à nucléine en réseau; les autres identiques à ces derniers, mais entourés d'une couche très mince de protoplasme hyalin, et par conséquent parvenus à la valeur de protospermatoblastes.

Enfin dans le protoplasme indivis où sont plongés ces deux éléments, se sont formées des vacuoles claires qui sont le prélude du passage de ce protoplasme à l'état de protoplasme caduc.

L'examen des éléments des deux acini me paraît éminemment propre à établir que les protospermatoblastes proviennent bien de la transformation des noyaux germes.

Entre les deux acini est un tractus membraneux que les progrès du développement et l'accroissement des deux masses cellulaires feront disparaître en tout ou en partie.

Fig. 20. — *Pagurus striatus* du 19 mars.

Testicule traité par le mélange de solution de sublimé et d'acide acétique à 20 °/₀. Coloration par le carmin boraté. Observé avec l'objectif apochromatique 8.0 de Zeiss. Dessiné à la chambre claire.

Coupe longitudinale de la paroi d'un tube testiculaire, montrant la formation et la disposition des nids à forme allongée et à grande surface de noyaux interpariétaux. Le tube est rempli de spermatozoïdes déjà bien développés.

La paroi présente un épaississement lenticulaire de grande étendue croissant de gauche à droite, destiné à fournir non un acinus, mais une vaste saillie plate et surbaissée.

On voit le passage progressif de gauche à droite des noyaux aplatis de la paroi aux noyaux plus arrondis du blastème de remplacement, et leur multiplication d'abord en ligne, ensuite suivant l'épaisseur. Ces noyaux présentent tous la nucléine

à l'état de pulvérisation. Ils sont donc en train de se diviser activement. Ils sont plongés dans une masse indivise de protoplasme comprise entre deux membranes de clivage, l'une interne et l'autre externe.

FIG. 21. — *Pagurus striatus* du 10 juin. Solution saturée de sublimé et acide acétique glacial à 10 %. Alcools. Carmin aluné. Coupes dans le baume, observées avec l'objectif apochromatique 4.0 de Zeiss et l'oculaire compensateur 8.

Coupe dessinée à la chambre claire, et montrant un diverticule du tube testiculaire dont la cavité est remplie de spermatoblastes dont les noyaux clairs ont la nucléine sous forme de grains situés surtout vers la périphérie.

Le fond du diverticule est formé par une lentille très concave formant un beau nid de germes plongés dans un protoplasme indivis très granuleux. Ce nid est compris entre deux membranes de clivage, dont l'interne est très nettement mise en évidence par cette circonstance qu'au point *a* l'effet des réactifs ou des manipulations en a détaché le protoplasme indivis du nid. Il y a là une fente claire qui sépare les deux éléments et rend manifeste leur distinction.

FIG. 22. — *Astacus fluviatilis* du 23 août, pris en liberté. Testicule traité par la solution saturée de sublimé additionné de 10 % d'acide acétique glacial. Alcools. Coupes colorées à l'hématoxyline de Delafield, et observées avec l'objectif apochromatique 4.0 de Zeiss.

Portion d'acinus montrant deux des protospermatoblastes qui en occupent une partie ; et surtout deux clivages superposés de la membrane propre de l'acinus, ayant produit des cavités dans lesquelles les noyaux se multiplient pour former des générations successives d'éléments spermatogènes. Il y a double délamination de la membrane propre.

Les noyaux des spermatoblastes présentent leur nucléine dans le même état que ceux de la fig. 21.

PLANCHE IV.

FIG 1. — *Astacus fluviatilis* du 3 novembre. Testicule traité par la solution aqueuse saturée de sublimé additionnée d'acide acétique à 20 %. Alcools. Carmin boraté. Coupes dans le baume. Dessin à la chambre claire. Observation pour les détails avec l'objectif à immersion homogène 1/16 de pouce de Leitz.

Coupe d'un acinus dans lequel on voit de dehors en dedans :

1° La membrane propre avec des noyaux aplatis dont l'un est en voie de clivage oblique ;

2° Une couche composée 1° de protospermatoblastes récemment formés, avec réseau délicat de nucléine à nœuds granuleux, et avec corps protoplasmique très mince et hyalin, 2° de germes déjà volumineux dont quelques-uns sont en voie de clivage et dont l'un, volumineux et ovoïde, possède très exactement la structure des noyaux des jeunes protospermatoblastes. Tout fait présumer que ce noyau était sur le point d'acquérir un mince corps protoplasmique hyalin et de devenir un vrai spermatoblaste ;

3° Tous ces éléments cellulaires sont plongés dans une masse commune de protoplasme caduc, très granuleux, dont la dégénérescence se manifeste par de nombreuses vacuoles claires.

Fig. 2. — *Astacus fluviatilis* du 20 octobre, *pris* en *liberté*. Fixation par la liqueur chromo-acéto-osmique de Flemming. Alcools. Coloration par l'hématoxyline de Delafield. Coupes dans le baume. Immersion homogène 1/16 de Leitz.

Portion de tube testiculaire, dont la paroi conjonctive épaisse est tapissée par des cellules semblables à celles des fig. 17 et 18 de la Pl. III. Chacune des trois cellules de droite possède près du noyau une vacuole occupée en partie par des granulations brunes, et un liquide peu réfringent. On peut considérer ces vacuoles comme des symptômes de dégénérescence du protoplasme. La cellule de gauche a son noyau entouré d'une zone claire, déjà épaisse vers la partie libre de la cellule, et qui m'a paru être un corps protoplasmique par sa constitution finement réticulée.

Dans l'intérieur du tube se trouvent des spermatozoïdes enfermés dans leur membrane cellulaire et plongés au milieu d'un liquide hyalin, réfringent, présentant quelques fines granulations, et ressemblant au liquide chitineux qui forme les spermatophores des Crustacés décapodes.

Fig. 3. — *Astacus fluviatilis* du 3 novembre. Sublimé et acide acétique à 20 °/₀. Alcools. Coloration par le carmin boraté. Coupes dans le baume. Objectif à immersion homogène 1/16 de Leitz.

Coupe portant sur une extrémité d'acinus sur laquelle s'est développée une série superposée de nids de germes.

Dans l'acinus on distingue une paroi vacuolaire épaisse renfermant dans ses diverses cavités de clivage des noyaux à nucléine plus ou moins pulvérisée, et en voie de clivage. Sur l'un d'eux placé contre la partie inférieure de la lumière de l'acinus on distingue fort bien une voie lactée granuleuse sombre, sur laquelle va se faire la division. Dans la cavité de l'acinus sont trois germes, dont deux ont acquis des dimensions considérables, et sont devenus ovoïdes ou sphériques, et ne diffèrent absolument en rien des noyaux des protospermatoblastes jeunes. La zone protoplasmique mince et hyaline leur fait seule défaut. Ces éléments sont plongés dans un protoplasme caduc à structure aréolaire, avec grains sur le parcours des filaments très délicats du réseau.

La protubérance inférieure de nouvelle formation présente deux nids superposés, l'un plus ancien et plus volumineux, et l'autre petit et récent. Le premier renferme de fort beaux noyaux germes, dont la plupart ont leur nucléine pulvérisée et quelques-uns avec voie lactée. Ils sont plongés dans un protoplasme commun, à réseau délicat, comme dans l'acinus.

Le nid le plus jeune est représenté par deux noyaux qui sont encore adhérents l'un à l'autre, leur clivage n'étant pas terminé. Ce nid entouré de membranes de clivage se continue très nettement avec la membrane propre de l'acinus, qui possède un noyau situé dans une cavité discoïde, se continuant très visiblement avec la cavité de clivage voisine qui renferme les deux noyaux ou germes.

Fig. 4. — *Astacus fluviatilis* du 23 août pris en liberté. Solution saturée de sublimé et acide acétique glacial à 10 %. Alcools. Hématoxyline. Objectif apochromatique 4.0 de Zeiss.

Portion de l'enveloppe propre d'un cul-de-sac, renfermant un noyau discoïde étendu, et présentant une cavité de clivage d'un grand diamètre et remplie de protoplasme granuleux. En dedans de la membrane se trouve un gros noyau germe en voie de division par pulvérisation de la nucléine.

Fig. 5 et 6. — Même *Astacus* et même préparation. Membranes de deux culs-de-sac dont on n'a pas dessiné le contenu. Elles présentaient des clivages très étendus et des noyaux se multipliant pour former de futurs nids de germes.

Fig. 7. — *Astacus fluviatilis* d'octobre. Fixation par la liqueur de

Ripart et Petit. Groupe d'acini de formes sphériques ou hémisphériques suspendu à un canal excréteur cylindrique, avec jeunes acini se formant au point où commence ce dernier. Dessiné à la chambre claire.

FIG. 8. — *Pagurus striatus.* Fixation par la liqueur de Ripart et Petit. Tube testiculaire dessiné à la chambre claire, avec ses sinuosités, et ses diverticules peu saillants et parfois étendus et surbaissés.

FIG. 9. — *Astacus fluviatilis* du 3 novembre. Solution de sublimé et acide acétique à 20 °/₀. Alcools. Carmin boraté. Coupes dans le baume.

Coupe du canal déférent, comprenant de dehors en dedans :

1° La membrane conjonctivo-musculaire ;

2° L'épithélium cylindrique à longues cellules ;

3° La lumière du canal remplie par une masse hyaline et d'aspect glutineux, renfermant des spermatozoïdes.

FIG. 10. — *Pagurus striatus* du 18 mars. Fixation par la liqueur de Müller. Alcools. Coloration par l'hématoxyline. Coupes dans la glycérine.

Deutospermatoblaste dont la nucléine présente la forme pelotonnée (Spirème). Obj. F. de Zeiss. Diamètre de la cellule, $0^{mm},02$; diamètre du noyau, $0^{mm},01$.

FIG. 11. — *Idem* à nucléine en gros grains disposés suivant des méridiens. Obj. F. de Zeiss. Diamètre de la cellule, $0^{mm},017$; diamètre du noyau, $0^{mm},012$.

FIG. 12. — *Idem* à nucléine granuleuse avec nucléole nucléinien.

FIG. 13. — *Astacus fluviatilis* du 21 septembre. Pris en liberté. Liqueur de Müller. Alcools. Hématoxyline. Coupes dans la glycérine.

Protospermatoblaste en voie de caryocinèse. Beau fuseau, avec plaque équatoriale composée de séries parallèles de gros grains. Grosses sphérules granuleuses et légèrement colorées dans le cytoplasme.

FIG. 14. — *Idem.* Deux beaux protospermatoblastes à noyaux volumineux, avec nucléine sous forme de grains distribués en un réseau qui semble passer à la forme irradiée. Quelques sphérules aplaties, petites et colorées dans le cytoplasme, d'ailleurs peu abondant. Obj. F. de Zeiss. Diamètre des noyaux, $0^{mm},025$.

FIG. 15. — *Idem.* Protospermatoblaste avec noyau à nucléine irradiée, et avec deux grosses sphérules cytoplasmiques. Diamètre du noyau, 0^{mm},018.

FIG. 16 et 17. — *Pagurus callidus* du 10 avril. Acide acétique à 5 °/₀₀. Vert méthyle acétique: Dissociation.

Spermatoblaste à noyau massif et condensé, très coloré et très réfringent. Sphérules granuleuses dans le cytoplasme. Obj F. de Zeiss. Diamètre de la cellule, 0^{mm},02.

FIG. 18. — *Idem.* Spermatoblaste à noyau dilaté et à nucléine irradiée. Sphérules ganuleuses dans le cytoplasme. Obj. F. de Zeiss. Diamètre, 0^{mm},02.

FIG. 19. — *Idem.* Spermatoblaste à nucléine irradiée dans lequel les grains de nucléine vont en décroissant de volume du centre à la périphérie, contrairement à ce qui se passe dans la fig. 18. Cytoplasme d'aspect homogène et finement granuleux.

FIG. 20. — *Idem.* Spermatoblaste dont la nucléine conserve par places des traces de sa disposition irradiée, mais se retire vers la périphérie du noyau. La membrane limitante de ce dernier est peu visible et semble disparaître. Cytoplasme d'aspect homogène et finement granuleux.

FIG. 21. — *Idem.* Spermatoblaste dans lequel la membrane du noyau a disparu et la nucléine s'est agglomérée en une plaque irrégulière et granuleuse. Sphérules distinctes dans le cytoplasme. Phase de la cinèse sans fuseau.

FIG. 22. — *Idem.* Spermatoblaste à noyau dilaté, à nucléine sous forme de grains qui tendent à se disposer suivant des méridiens. Sphérules visibles dans le cytoplasme. Obj. F. de Zeiss. Diamètre, 0^{mm},02.

FIG. 23. — *Pagurus striatus* du 6 novembre. Solution de sublimé et acide acétique à 20 °/₀. Alcools. Carmin boraté. Coupes dans le baume.

Deutospermatoblaste de la première génération en train de se diviser. Plaque équatoriale formée par la nucléine granuleuse accumulée en une masse irrégulière. Sphérules du cytoplasme.

FIG. 24. — *Idem.* Deutospermatoblaste avec plaque équatoriale discoïde massive et entourée d'une zone claire. Obj. F. de Zeiss. Diamètre, 0^{mm},016.

FIG. 25. — *Idem.* Deutospermatoblaste avec plaque équatoriale massive en train de se former par agglomération des grains de nucléine.

Fig. 26. — *Idem.* Cellule semblable avec plaque équatoriale vue de face. Diamètre de la cellule, 0mm,017.

Fig. 27. — *Idem.* Petit deutospermatoblaste (0mm,011) avec deux plaques polaires éloignées et trois grains de nucléine restés à la place de la plaque équatoriale. Pas de fuseau.

Fig. 28. — *Idem.* Deutospermatoblaste (0mm,015) avec plaques polaires en forme de lentilles convexo-concaves, à la face interne desquelles on distingue quelques séries parallèles de grains nucléiniens très délicats qui rappellent les stries du *fuseau.*

Fig. 29. — *Astacus* du 21 juillet. Traitement par la liqueur chromo-acéto-osmique de Flemming. Alcools. Dissociation dans la glycérine picrocarminatée. Obj. F. de Zeiss. Diamètre, 0mm,038.

Protospermatoblaste dans lequel se dessinent la plaque équatoriale composée de grains distincts et le fuseau. Sphérules granuleuses très distinctes dans le cytoplasme.

Fig. 30. — *Idem.* Protospermatoblaste dont je n'ai vu que cet exemplaire. Plaque équatoriale très nette, formée de grains agglomérés. Fuseau et granules polaires nombreux et très petits. Le fuseau est entouré d'une masse protoplasmique claire, de forme losangique échancrée sur chaque bord. Je me suis demandé si cette forme ne correspondait pas à la forme de la fig. 29, dans laquelle les sphérules cytoplasmiques auraient été arrachées. Obj. F. de Zeiss.

Fig. 31. — *Idem.* Protospermatoblaste à nucléine irradiée, et avec deux sphérules granuleuses dans le cytoplasme.

Obs. F. de Zeiss. Diamètre de la cellule 0mm,037, diamètre du noyau 0mm,02.

Fig. 32. — *Idem.* Spermatoblaste à noyau à méridien, et une seule sphérule granuleuse.

Fig. 33. — *Idem.* Spermatoblaste avec deux plaques polaires, un fuseau étiré et un étranglement prononcé du cytoplasme. Une des dernières phases de la caryocinèse.

Fig. 34. — *Idem.* Protospermatoblaste avec plaque équatoriale, fuseau, centrosomes, et sphérules dans le cytoplasme. Obj. F. de Zeiss. Cellule 0mm,03.

Fig. 35. — *Idem.* Protospermatoblaste avec noyau à nucléine irradiée, et sphérules cytoplasmiques.

Fig. 36. — *Astacus* du 5 mars. Liqueur de Müller d'abord, liqueur

chromo-acétique de Flemming ensuite. Glycérine éosino-hématoxylique de Renaud.

Protospermatoblaste à noyau bien sphérique, avec réseau délicat de grains très fins de nucléine. Cytoplasme mince, homogène, clair, rose pur, avec granulations très fines.

Fig. 37 et 38. — *Idem.* Spermatoblastes à cytoplasme mince et clair, et à noyau renfermant un réseau de nucléine très granuleuse qui s'est agglomérée au niveau des nœuds. Le contenu nucléaire semble formé par un liquide chromophile qui est contenu sous forme de sphères dans les mailles du réseau. C'est dans cet état des spermatoblastes que l'on observe leur division directe par clivage.

Fig. 39. — *Idem.* Spermatoblaste dont le noyau passe à l'état de disque aplati et dense, avec sphérules dans le cytoplasme.

Fig. 40. — *Idem.* Noyau ayant perdu sa membrane, et prenant une forme irrégulière, tendant à une plaque équatoriale dense et massive. Sphérules dans le cytoplasme.

Fig. 41. — *Idem.* Trois spermatoblastes semblables à ceux des fig. 37 et 38.

Fig. 42 et 43. — *Idem.* Spermatoblastes jeunes avec nucléine à grains épars, et petites vésicules claires dans le cytoplasme.

Fig. 44. — *Astacus* du 21 juillet. Acide acétique à 3 °/₀. Vert méthyle acétique. Dissociation.

Groupe de protospermatoblastes, avec beaux noyaux dans lesquels la nucléine se présente sous la forme de petits cônes recourbés ou cornicules à base périphérique.

Belles sphérules granuleuses et légèrement colorées dans le cytoplasme. Obj. F. de Zeiss. Diamètre moyen des cellules $0^{mm},14$. Diamètre du noyau $0^{mm},02$. Sur les coupes minces du même testicule, on voit des protospermatoblastes en voie de cinèse (fuseau, plaque équatoriale, etc.), et où les limites des sphérules ne sont pas nettement dessinées.

Fig. 45. — *Idem.* Noyau séparé de l'une de ces cellules. La membrane du noyau est très mince.

Fig. 46. — *Idem.* Groupe de cellules semblables à celles de la fig. 44.

Fig. 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 68, 69.

Astacus du 12 novembre. Solution saturée de sublimé avec acide acétique glacial à 10 °/₀. Double coloration par l'hématoxyline et l'éosine. Coupes dans le baume.

Noyaux germes gros observés avec l'objectif à immersion homogène 1/18 de pouce de Zeiss. États et phases diverses de la division directe par pulvérisation de la nucléine, formation de la voie lactée et clivage.

Fig. 52. — *Idem*. Un protospermatoblaste jeune ayant à côté de lui un gros noyau germe subissant par pulvérisation et clivage une fragmentation multiple.

Fig. 62. — *Astacus* du 9 novembre. Sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique glacial. Hématoxyline de Delafield. Coupes dans le baume. Quatre noyaux germes présentant de grosses masses nucléiniennes disposées *par couples*. Ces masses vont probablement se pulvériser; et il résultera de là des fragmentations simples ou multiples. A côté, jeune protospermatoblaste venant de se former.

Fig. 63. — Jeune protospermatoblaste venant de se former avec sa zone claire et mince. Il était plongé au sein d'un protoplasme caduc granuleux, analogue à celui de la fig. 62.

Planche V.

Fig. 1, 2, 3. — *Astacus* du 12 décembre. Sublimé et acide acétique. Alcools. Coupes dans le baume. Double coloration à l'hématoxyline et à l'éosine. Noyaux germes en voie de division directe par pulvérisation et clivage. Obj. de Zeiss. 1/12 de pouce à imm. homog.

Fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. — *Astacus* du 23 octobre. Testicule traité par la liqueur de Ripart et Petit, et coloré par le vert méthyle. Dissociation. Noyaux germes en voie de division directe par pulvérisation de la nucléine et clivage.

Fig. 13, 14, 15, 16. — *Astacus* du 28 octobre. Même préparation. Noyaux germes, en voie de division directe par pulvérisation de la nucléine et clivage.

Fig. 17, 18, 19, 20. — *Astacus* du 1er septembre. Sublimé. Carmin boraté. Coupes dans le baume. Noyaux germes, en voie de division directe par pulvérisation de la nucléine et clivage. Objectif de Zeiss. Imm. homogène 1/12 de pouce.

Fig. 21, 22, 23, 24, 25. — *Pagurus striatus* du 21 mai. Sublimé et acide acétique. Alcools. Carmin aluné. Coupes. Noyaux germes en voie de division directe par pulvérisation de la nucléine et clivage.

FIG. 26, 27, 28, 29, 30. — *Astacus* du 9 novembre. Testicule traité d'abord par la liqueur de Ripart et Petit, puis par la solution aqueuse saturée de sublimé additionnée de 10 °/₀ d'acide acétique. Coupes colorées par l'hématoxyline. Noyaux germes en voie de division directe par pulvérisation de la nucléine et clivage. Obj. Zeiss. 1/12 pouce. Imm. homogène.

FIG. 31. — *Pagurus striatus*. Solution aqueuse saturée de sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique glacial. Coupes colorées par le carmin aluné. Noyau germe dans lequel se produit la pulvérisation de la nucléine, et où apparaissent plusieurs voies lactées, ou bandes pulvérulentes.

FIG. 32, 33, 34. — *Astacus* du 28 août. Sublimé et 5 °/₀ d'acide acétique. Noyaux germes en voie de division directe par voie de pulvérisation de la nucléine et clivage.

FIG. 35. — *Astacus* du 23 août. Sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique. Coupes colorées à l'hématoxyline. Noyau germe à l'état quiescent.

FIG. 36. — *Idem*. Gros noyau germe en voie de clivage multiple.

FIG. 37. — (Qui, par suite d'une erreur, correspond dans le texte au n° 38 de la planche).

Astacus du 12 novembre. Sublimé avec 10 °/₀ d'acide acétique. Hématoxyline. Coupes. Cas très rare de la forme en rosette et à anses ou fers en cheval de la nucléine. Très probablement cinèse.

FIG. 38. — (Qui, par suite d'une erreur, correspond dans le texte au n° 37).

Astacus. Sublimé et 20 °/₀ d'acide acétique. Hématoxyline; objectif 7 de Vérick. Protospermatoblaste avec fuseau et séparation de la plaque équatoriale en 2 plaques polaires composées de nombreuses séries de fins granules.

FIG. 39. — *Astacus* du 23 août. Sublimé et 5 °/₀ d'acide acétique. Hématoxyline et éosine. Dissociation dans la glycérine.

Spermatoblaste ayant 2 plaques polaires unies par un fuseau, et formées chacune d'une masse principale et d'une portion aberrante.

FIG. 40. — *Homarus vulgaris* du 10 janvier. Sublimé et 20 °/₀ d'acide acétique. Alcools. Carmin boraté. Coupes dans le baume.

Protospermatoblaste en voie de caryocinèse. Fuseau et sphérules protoplasmiques.

FIG. 41. — *Pagurus striatus* du 13 mars. Acide acétique à 5 °/₀. Vert méthyle. Dissociation. Deux noyaux germes quiescents.

Fig. 42 et 43. — *Idem*. Deux protospermatoblastes à nucléine irradiée s'étant éloignée du centre du noyau.

Fig. 44. — *Idem*. Protospermatoblaste en voie de caryocinèse. La membrane nucléaire a disparu et la nucléine est sous forme de fragments pelotonnés.

Fig. 45. — *Pagurus striatus* 12 mars. Sublimé avec 10 °/₀ d'acide acétique. Dissociation dans la glycérine picrocarminatée. Deutospermatoblastes de la première génération en voie de caryocinèse sans fuseau. Plaque équatoriale. Cellule de $0^{mm},026$ de diamètre. Obj. D D de Zeiss.

Fig. 46. — *Idem*. Deutospermatoblaste quiescent avec sphérules cytoplasmiques. Cellule de $0^{mm},028$ de diamètre.

Fig. 47. — *Pagurus striatus* d'avril. Sublimé et acide acétique 20 °/₀. Dissociation dans la glycérine hématoxylique de Renaut. Cellule en voie de cinèse sans fuseau.

Fig. 48. — *Idem*. Deutospermatoblaste dans lequel les deux cellules filles sont déjà distinctes. Cinèse sans fuseau.

Fig. 49. — *Idem*. Avec plaque équatoriale sans fuseau. Vue de champ.

Fig. 50. — *Idem*. Vue de face.

Fig. 51. — *Idem*. Deux deutospermatoblastes avec noyau quiescent et sphérules cytoplasmiques.

Fig. 52. — *Idem*. Deux deutospermatoblastes dont celui de gauche a le noyau massif, et dont le second présente une plaque équatoriale, irrégulière, et un fuseau partiel.

Fig. 53 et 54. — *Pagurus striatus* du 9 avril. Éléments étudiés à l'*état frais* dans le sérum sanguin de l'animal.

Deux deutospermatoblastes à l'état quiescent avec divisions du cytoplasme en régions distinctes. Obs. DD de Zeiss. Diamètre, $0^{mm},028$.

Fig. 55. — *Pagurus striatus* du 23 avril. Sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique. Dissociation dans la glycérine hématoxylique de Renaut.

Deutospermatoblaste dont le cytoplasme épais paraissait constitué par deux couches de sphérules dont les internes se coloraient mieux que les externes.

Fig. 56. — *Idem*. Deutospermatoblaste en voie de former la plaque équatoriale sans fuseau.

Fig. 57. — *Idem*. Avec plaque équatoriale vue de champ.

Fig. 58. — *Pagurus striatus* du 9 avril. Eléments observés à l'état frais dans le sérum sanguin de l'animal.

Deutospermatoblaste à l'état quiescent avec sphérules dans le cytoplasme. Obs. DD de Zeiss. Diamètre, $0^{mm},028$.

Fig. 59, 60, 61, 62. — *Idem*. Eléments frais dans le sérum, avec légère coloration par le violet de gentiane. Deutospermatoblastes de la première et de la deuxième génération, avec plaques équatoriales massives, sans fuseau, et avec sphérules cytoplasmiques. Obs. DD de Zeiss. Diamètre, $0^{mm},026$ et $0^{mm},017$.

Fig. 63. — *Idem*. Deutospermatoblaste quiescent.

Fig. 64. — *Pagurus striatus* du 23 avril. Sublimé et 5 °/₀ d'acide acétique. Dissociation dans la glycérine hématoxylique de Renaut.

Deutospermatoblaste avec plaque équatoriale sans fuseau.

Fig. 65. — *Pagurus striatus* du 14 mai. Sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique. Dissociation dans la glycérine hématoxylique de Renaut Obj. 10 à immersion de Prazmowski. Spermatoblaste avec plaque équatoriale se dédoublant, et fuseau court et peu accentué.

Fig. 66. — *Pagurus striatus* du 23 avril. Sublimé et 5 °/₀ d'acide acétique. Dissociation dans la glycérine hématoxylique de Renaut. Spermatoblaste avec plaque équatoriale et deux sphérules cytoplasmiques.

Fig 67, 68, 69, 70. — *Pagurus striatus* du 11 février. Liqueur de Flemming. Alcools Carmin aluné. Coupes dans le baume.

Deutospermatoblaste en voie de cinèse sans fuseau.

Fig. 71. — *Idem*. Avec fuseau très imparfait. Stries entre les deux plaques, et masses coniques granuleuses sur les faces externes des plaques. Obj. F de Zeiss.

Fig. 72. — *Pagurus striatus* du 28 mai. Sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique. Alcools, Carmin aluné, coupes dans le baume.

Protospermatoblaste en voie de caryocinèse, avec fuseau, asters et sphérules cytoplasmiques. Obj. apochromatique à immersion 1,25 de Zeiss. Ocul. compensateur 12.

Fig. 73. — *Idem*. Deutospermatoblaste en voie de condensation nucléaire. Même objectif.

Fig. 74. — *Idem*. Deutospermatoblaste de la deuxième génération venant de se constituer.

Fig. 75. — *Idem*. Deutospermatoblastes de la première génération, en voie de cinèse sans fuseau. Les deux plaques polaires se séparent en divergeant.

Fig. 76. — *Pagurus striatus* du 20 mars. Vapeurs osmiques. Vert méthyle. Dissociation. Cellule dans la prophase de la caryocinèse. Phase pelotonnée de la nucléine.

Fig. 77. — *Pagurus striatus* du 23 avril. Sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique. Alcools. Carmin aluné, coupes.

Deutospermatoblastes en voie de concentration de la nucléine pour une cinèse sans fuseau.

Fig. 78 et 79. — *Idem*. Plaques équatoriales sans fuseau vues de face.

Fig. 80, 81, 82. — *Idem*. Prostospermatoblastes en voie de caryocinèse. Plaque équatoriale, fuseau, sphérules cytoplasmiques, Dans la fig. 82, on n'a pas marqué la structure granuleuse des sphérules.

Fig. 83. — *P. striatus* du 5 avril. Sublimé avec 5 °/₀ d'acide acétique. Alcools. Carmin aluné. Coupes dans le baume.

Groupe de deutospermatoblastes dont les uns ont la forme irradiée de la nucléine, et les autres la forme condensée ou massive préparant la caryocinèse. Les sphérules cytoplasmiques des cellules à noyau condensé sont plus granuleuses et plus colorées que celles des cellules à noyau irradié. On n'a pas représenté les granulations dans quelques-unes des cellules à noyau condensé.

Obj. F de Zeiss. Diamètre des cellules, $0^{mm},02$.

Fig. 84, 85, 86. — *Idem*. Deutospermatoblastes en voie de formation de la plaque équatoriale sans fuseau. Obj. J à immersion de Zeiss.

Fig. 87. — *Idem*. Groupe de deutospermatoblastes en voie de caryocinèse sans fuseau. Phases diverses.

Fig. 88 et 89. — *Idem*. Deutospermatoblastes avec plaque équatoriale et pseudo-fuseau grenu. Obj. Zeiss L à immersion.

Fig. 90. — *Idem*. Plaque équatoriale sans fuseau.

Fig. 91. — *Idem*. Un deutospermatoblaste de la première génération avec plaque équatoriale irrégulière sans fuseau, et deux deutospermatoblastes de la deuxième génération à l'état quiescent. Obj. L à immersion de Zeiss.

Fig. 92 — *P. striatus* du 14 mai. Sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique. Alcool. Dissociation dans la glycérine carminée.

Deutospermatoblaste à noyau condensé.

FIG. 93 et 94. — *Idem.* Deutospermatoblaste en voie de formation de la plaque équatoriale sans fuseau

FIG. 95. — *Idem.* Deutospermatoblaste avec sphérules cytoplasmiques, dont l'une est claire.

FIG. 96 et 97. — *Idem.* Protospermatoblastes avec plaque équatoriale et fuseau peu accentué et surbaissé. Obj. F de Zeiss. Diamètre, 0mm,03.

FIG. 98. — *P. striatus* du 18 mars. Sublimé et acide acétique 20 °/o. Alcools. Hématoxyline. Coupes dans le baume.

Deutospermatoblaste avec noyau condensé, et sphérules cytoplasmiques riches en grosses granulations. Obj. de Zeiss. 1/12 pouce à immersion homogène. Diamètre, 0mm.018.

FIG 99, 100 et 101. — *Idem.* Deutospermatoblastes avec vésicules cytoplasmiques d'aspects différents.

FIG. 102 et 103.— *P. striatus* du 18 mars. Sublimé et acide acétique. Hématoxyline. Coupes dans le baume.

Gros noyaux germes, venant de se fragmenter par clivage.

FIG. 104 et 105 — *P. striatus* du 4 décembre. Sublimé et acide acétique. Dissociation dans le carmin de Béale.

Deutospermatoblastes avec noyau à nucléine irradiée.

Obj. F de Zeiss. Diamètre de la cellule 0mm,02. Diamètre du noyau 0mm,016.

FIG. 106, 107, 108 et 109. — *Astacus* du 5 mars. Sublimé et acide acétique. Alcools, carmin boraté ; coupes dans le baume.

Protospermatoblastes à noyau pourvu d'un fin réseau, nucléinien et à cytoplasme mince renfermant des vésicules claires. Sublimé et 5 °/o d'acide acétique. Carmin aluné. Coupes.

FIG. 110. — *Maja squinado* du 26 mars. Deux spermatoblastes quiescents avec divisions du cytoplasme. Obj. DD. de Zeiss. Diamètre 0mm,017.

FIG. 111.— *Idem.* Groupe de deutospermatoblastes à noyau condensé.

FIG. 112. — *P. striatus* du 1er décembre. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique.

Protospermatoblastes dont le cytoplasme présentait des aptitudes chromophiles assez prononcées ; noyau germe à côté des deux cellules.

FIG. 113.— *Idem.* Avec condensation centripète de la nucléine irradiée ; et avec cytoplasme rayonné et non chromophile. Les cellules de la fig. 112 et de la fig. 113 présentaient un contraste marqué.

FIG. 114 et 115. — *Astacus* du 8 novembre. Dissociation dans le vert méthyle acéto-osmique. Grands noyaux germes venant de se fragmenter.

FIG. 116.—*P. striatus* du 19 mars. Sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique. Alcools ; hématoxyline. Coupes dans la glycérine.

Deux deutospermatoblastes dont l'un a le noyau condensé et les sphérules protoplasmiques assez colorées, et l'autre a le noyau irradié, et les sphérules moins colorées. Obj. J à immers. de Zeiss.

FIG. 117. — *P. striatus* du 26 mars. Sublimé et acide acétique. Carmin aluné. Coupes dans le baume.

Protospermatoblaste en voie de caryocinèse.

FIG. 118. — *P. striatus* de décembre. Liqueur de Müller. Hématoxyline.

Protospermatoblastes ayant $0^{mm},038$ de diamètre et deutospermatoblastes de la deuxième génération ayant $0^{mm},008$. Obj. F de Zeiss.

FIG. 119 et 120.—*P. striatus*. Sublimé et acide acétique. Carmin aluné. Coupes. Deutospermatoblastes de la première génération, préparant la formation de la plaque équatoriale.

PLANCHE VI.

FIG. 1. — *Pagurus striatus* du 9 avril. Sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique. Coloration sur coupes avec le carmin aluné. Coupes dans le baume. Trois deutospermatoblastes dont le noyau commence à se condenser pour la préparation de la plaque équatoriale. Sphérules granuleuses du protoplasme passablement colorées.

FIG. 2. — *Pagurus striatus* du 28 novembre. Fixation et durcissement dans le bichromate d'ammoniaque à 2 °/₀ pendant deux mois ; Alcools ; coloration par la glycérine picrocarminatée. Spermatoblastes pris sur les bords d'un cul-de-sac.

Noyaux quiescents à chromatine granuleuse disséminée, sphérules finement granuleuses du protoplasme.

Obj. F de Zeiss. Ocul. 2.

FIG. 3. — *Idem*. Une de ces cellules vue avec un plus fort grossissement, Obj. F de Zeiss. Oc. 3. Diamètre $0^{mm},02$.

FIG. 4. — *Pagurus striatus* du 5 mars. Sublimé et 20 °/₀ d'acide acétique. Alcools. Dissociation, et coloration par le violet de

gentiane. Obj. J à immersion de Zeiss. Ocul. compensateur 8.

Deux spermatoblastes à l'état quiescent, sphérules protoplasmiques à gros grains. Diamètre $0^{mm},02$.

FIG. 5. — *Idem.* Noyau très volumineux à grains de chromatine rares ; et sphérules à gros grains qui n'ont pas été dessinés partout, pour simplifier la figure.

FIG. 6. — *P. striatus* du 9 novembre. Liqueur de Müller. Dissociation et coloration par la glycérine hématoxylique de Renaut.

Noyaux à grains de chromatine rares et périphériques. Protoplasme à grosses granulations se colorant faiblement. Obj. F de Zeiss. Diamètre $0^{mm},016$.

FIG. 7. — *Idem.* Deux protospermatoblastes jeunes à zone protoplasmique très mince, avec formation de granulations protoplasmiques au contact du noyau.

FIG. 8. — *Homarus vulgaris* du 10 janvier. Sublimé et 20 °/o d'acide acétique. Alcools. Carmin boraté. Coupes dans le baume.

Trois protospermatoblastes en voie de cinèse ; formation du fuseau et de la plaque équatoriale. Belles sphérules protoplasmiques finement granuleuses. Dans la cellule *a* deux sphérules claires avec grains périphériques plus gros. Immersion homogène 1/18 de pouce de Zeiss. Diamètre $0^{mm},018$.

FIG. 9. — *Idem.* Cellule avec plaque équatoriale vue de face.

FIG. 10. — *Idem.* Deux protospermatoblastes fusiformes situés sur les confins d'une poche spermatique ou nid, et en voie de cinèse. Fuseau, plaque équatoriale, et sphérules protoplasmiques.

FIG. 11. — *P. striatus* du 20 novembre. Sublimé et 20 °/o d'acide acétique. Alcools. Carmin boraté. Dissociation. Protospermatoblastes à nucléine irradiée et sphérules protoplasmiques.

FIG. 12. — *Idem.* Protospermatoblaste à nucléine irradiée, avec un nucléole ou vésicule incolore au centre.

FIG. 13. — *Idem.* Comme fig. 11.

FIG. 14. — *P. striatus* du 11 décembre. Sublimé et 20 °/o d'acide acétique. Dissociation dans le carmin de Beale.

Protospermatoblaste avec belles sphérules protoplasmiques peu différentes en apparence du noyau.

FIG. 15. — *P. striatus* du 20 novembre (voir fig. 11). Spermatoblaste à noyau quiescent avec deux sphérules protoplasmiques.

FIG. 16. — *P. striatus* du 19 mars. Sublimé et 10 °/o d'acide acétique. Alcools. Hématoxyline sur les coupes. Coupes dans la glycérine gélatinée.

Deux gros noyaux germes ayant subi une fragmentation multiple.

Fig. 17. — *P. striatus* du 14 mai. Sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique. Alcools. Coupes colorées par le carmin aluné.

Groupes de deutospermatoblastes de la deuxième génération, parmi lesquels un deutospermatoblaste de la première génération ne s'est pas encore divisé, mais a un noyau condensé qui se prépare à la cinèse simple. Structure réticulée très évidente du cytoplasme.

Fig. 18. — *Idem*. Deutospermatoblaste de la deuxième génération avec une jeune vésicule sous forme d'un corps sphérique petit, très réfringent, encore incolore, sauf peut-être quelques grains très fins sur la membrane.

Fig. 19. — *Idem*. *a*. Etat plus jeune de la vésicule. *b* noyau isolé avec une vésicule très jeune.

Fig 20. — *Idem*. Deutospermatoblaste se préparant à la formation de la plaque équatoriale (forme dense) par la disparition de la membrane nucléaire, et le rétrécissement du noyau. Cytoplasme réticulé.

Fig. 21. — *P. striatus* du 5 mars. Liqueur chromo-acéto-osmique de Flemming. Dissociation dans l'éosine hématoxylique de Renaut.

Beau protospermatoblaste à nucléine irradiée, et à belles sphérules cytoplasmiques. Obj. DD de Zeiss. Diamètre 0,mm03.

Fig. 22, 23, 24. — *Idem*. Trois deutospermatoblastes qui se préparent à la cinèse (forme simple) par la condensation de la nucléine dans les carrefours situés entre les sphérules cytoplasmiques. En 22 et 23 on n'a pas indiqué les grains du cytoplasme afin de mettre plus en évidence les grains de nucléine.

Fig 25, 26. — *P. striatus* du 14 mai. Sublimé et acide acétique 10 °/₀. Dissociation dans la glycérine hématoxylique de Renaut.

Deux deutospermatoblastes en préparation de cinèse simple, sans fuseau. Formes particulières.

Fig. 27, 28. — *P. striatus* du 21 mai. Sublimé et acide acétique. Alcools. Coupes colorées par le carmin aluné.

Deux deutospermatoblastes se préparant à la cinèse. Formes remarquables de la plaque équatoriale. Réticulum du cytoplasme.

Fig. 29. — *Idem*. *a* Forme remarquable de la phase de formation de la plaque équatoriale, *b* deutospermatoblastes comprimés,

entourant la cellule *a* et dans lesquels la zone cytoplasmique n'est pas visible.

FIG. 30. — *Astacus* du 21 novembre. Liqueur de Müller. Dissociation dans la glycérine hématoxylique de Renaut.

Protospermatoblaste jeune avec noyau à réseau à grandes mailles. Obj. L à immersion de Zeiss.

FIG 31. —*Idem.* Protospermatoblaste jeune avec noyau à fins granules qui n'ont pas été représentés partout. Cytoplasme dans lequel apparaissent des grains qui se colorent faiblement.

FIG. 32. — *Idem.* Protospermatoblaste très jeune, à cytoplasme très mince dans lequel apparaissent quelques vésicules ou sphérules.

FIG. 33. — *Astacus* du 21 juillet. Sublimé, alcools, coupes. Hématoxyline.

Protospermatoblaste avec plaques polaires, et plaque fusoriale très indiquée par des grains fins. Sphérules cytoplasmiques. Obj. F de Zeiss.

FIG. 34. — *Idem.* Plaque équatoriale et fuseau isolés.

FIG. 35. — *Idem.* Protospermatoblaste se préparant à la cinèse. Grains nucléiniens orientés en méridiens.

FIG. 36. — *Idem.* Même explication.

FIG. 37. — *Idem.* Protospermatoblaste jeune avec cytoplasme à sphérules rares petites, et avec noyau dont la nucléine a la forme de petits cônes recourbés ou de petites cornes.

FIG. 38. — *P. striatus* du 27 février. Liqueur de Müller. Alcools. Coupes colorées par l'hématoxyline.

Jeune spermatoblaste quiescent; cytoplasme à petites sphérules.

FIG. 39. — *P. striatus* de novembre. Liqueur de Müller pendant trois mois. Dissociation. Eosine hématoxylique de Renaut.

Protospermatoblaste avec deux inclusions ou petites sphérules, assez colorées en bleu.

FIG. 40. — *Homarus vulgaris* du 10 janvier. Sublimé et acide acétique. Carmin boraté. Dissociation.

Protospermatoblaste avec plaque équatoriale et fuseau, et trois deutospermatoblastes dont deux présentent des noyaux condensés se préparant à la cinèse. Sphérules du cytoplasme.

FIG. 41. — *Idem.* Protospermatoblaste avec fuseau, et trois noyaux-germes voisins. Sphérules du cytoplasme.

FIG. 42. — *Idem.* Protospermatoblaste avec fuseau. Sphérules du cytoplasme.

FIG. 43. — *P. striatus* du 7 mai. Liqueur de Flemming. Alcools. Coupes dans le baume. Carmin boraté.

Jeunes protospermatoblastes avec zone cytoplasmique mince, dans laquelle apparaissent des grains, qui semblent se réunir en sphérules.

FIG. 44. — *Idem.* Protospermatoblaste, à noyau peu riche en chromatine et à sphérules cytoplasmiques hypertrophiées.

FIG. 45. — *Astacus* du 28 août. Sublimé et 5 °/₀ d'acide acétique. Coupes dans le baume. Hématoxyline.

Forme condensée du noyau préparant la cinèse, et réseau du cytoplasme.

FIG. 46. — *Astacus* du 28 août. Même préparation.

Plaque équatoriale vue de face.

FIG. 47. — *P. striatus* du 29 mai. Testicule dissocié à l'état frais dans le sérum du sang de l'animal. Protospermatoblaste avec sphérules cytoplasmiques.

FIG. 48. — *P. striatus* du 30 novembre. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique. Dissociation. Protospermatoblaste, avec noyau à gros grains de nucléine.

FIG. 49 et 50. — *P. striatus* du 30 novembre. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique. Dissociation.

Deux spermatoblastes dans la phase de condensation du noyau.

FIG. 51. — *Idem.* En voie de cinèse simple avec plaques polaires réunies par un pédicule.

FIG. 52. — *P. striatus* du 30 novembre. Sublimé et acide acétique 10 °/₀.

Dissociation dans la glycérine hématoxylique de Renaut.

Deutospermatoblaste en voie de cinèse simple sans fuseau. Phases de la division de la plaque équatoriale. Les deux plaques polaires se composent chacune de séries de grains de nucléine, qui paraissent se continuer avec les tractus du réseau cytoplasmique, tractus sur le parcours desquels sont çà et là de petits grains de nucléine.

(Le graveur n'a pas assez rendu cette continuité.)

FIG. 53 et 54. — *Astacus* du 23 août. Sublimé et 20 °/₀ d'acide acétique. Carmin aluné.

Fuseaux et plaques équatoriales à gros tronçons courts commençant à se séparer.

FIG. 55. — *Idem.* Plaque équatoriale semblable, mais vue de face. Éléments disséminés.

FIG. 56. — *Idem.* Plaque équatoriale à éléments surtout périphériques.

FIG. 57. — *Idem*. Plaque équatoriale à éléments périphériques et centraux.

FIG. 58. — *Diogenes varians* du 15 mars. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique. Protospermatoblaste avec noyau condensé, ou plaque équatoriale vue de face, envoyant des prolongements entre les sphérules.

FIG. 59. — *Astacus* du 1er septembre pris en liberté. Sublimé. Alcools. Coupes colorées par la méthode de Grenacher.

Groupe de deutospermatoblastes de la deuxième génération qui vont bientôt se transformer en spermatozoïdes. Les uns ont le noyau sphérique; d'autres, qui résultent d'une cinèse plus récente, ont le noyau discoïde. Obj. apochr. 0,4 de Zeiss. Diamètre 0,015.

FIG. 60 à 71. — *Idem*. Phases diverses de la formation du spermatozoïde.

FIG. 72 à 80. — *Idem*. Mêmes phases que dans les figures précédentes.

FIG. 81, 82, 83, 84. — *Astacus* du 21 juillet. Sublimé. Hématoxyline. Coupes. Deutospermatoblastes provenant d'une cinèse très récente. Noyau discoïde et excentrique.

FIG. 85, 86, 87, 88, 88 *bis*, 89, 90. — *Astacus* du 28 août, pris en liberté. Sublimé et acide acétique 20 °/₀. Alcools. Dissociation dans la glycérine éosinée. Quelques phases de la formation des spermatozoïdes.

FIG. 91. — *Idem*. Deutospermatoblaste à vésicule réticulée et à grains disséminés.

FIG. 92, 93, 94, 95. — *Astacus* du 25 novembre. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique. Formation du spermatozoïde.

FIG. 96. — Vue isolée de la coupole. Le graveur a omis de représenter les grains et les inégalités saillantes de la concavité du crépissage.

FIG. 97, 98. — *Astacus* du 8 janvier. Sublimé et acide acétique 10 °/₀. Spermatozoïdes observés dans le canal déférent.

FIG. 99. — *Astacus* du 8 novembre. Vert méthyle acéto-osmique. Dissociation dans la glycérine.

Spermatozoïde vu de champ.

FIG. 100. — *Idem*. Avec irradiations dans la vésicule.

FIG. 101. — *Idem*. Spermatozoïde vu de face.

FIG. 102. — *Idem*. Spermatozoïde vu de champ.

FIG. 103 à 117. — *Astacus* du 12 novembre. Dissociation dans le vert méthyle acéto-osmique et dans la glycérine. Spermatozoïdes

pris dans la première portion du canal déférent, et vus de champ.

Fig. 118. — *Idem.* Spermatozoïde vu de face.

Fig. 119 à 128. — *Astacus* du 2 novembre. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle. Dissociation.

Spermatozoïdes pris dans le canal déférent. Le 121 est vu de face.

Fig. 129 à 135. — *Astacus* du 23 avril. Sublimé et acide acétique à 10 °/₀. Alcools. Coupes. Double coloration par l'hématoxyline et l'éosine.

Spermatozoïdes observés dans le canal déférent et vus de champ. En 133 et 134 on voit le profil de la zone protoplasmique qui constitue les prolongements repliés, sous la forme de deux masses claires et roses situées en dehors des bords de la coupole.

Fig. 136 à 139. — *Astacus* du 12 novembre. Vert méthyle acéto-osmique. Dissociation dans la glycérine. Obj. L. à immersion de Zeiss.

Spermatozoïdes vus de champ.

Planche VII.

Fig. 1, 2, 3. — *Astacus* du 28 octobre. Liqueur de Ripart et Petit. Dissociation dans le vert méthyle.

Spermatozoïdes.

Fig. 4, 5, 6, 7. — *Astacus* du 31 décembre.

Spermatozoïdes observés sur le frais d'abord, et ensuite avec addition de glycérine picro-carminatée.

Fig. 8, 9, 10. — *P. striatus* du 14 mai. Sublimé et acide acétique 10 °/₀, carmin aluné. Dissociation. Spermatozoïdes se formant avec crépissage de la vésicule.

Fig. 11. 12. — *P. striatus* du 12 mars. Sublimé et acide acétique 10 °/₀. Dissociation dans la glycérine hématoxylique.

Spermatozoïdes en voie de développement avec tigelle commençante dans fig. 11, et granulations dans la vésicule dans fig. 12.

Fig. 13 — *P. striatus* 14 décembre. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle et ensuite brun bismark. Coupole épaisse et bien formée, granuleuse, d'un vert intense. Noyau bien moins coloré en vert.

Fig. 14, 15, 16. — *Idem.* Spermatozoïdes avec tigelle.

Fig. 17. — *Idem.* Spermatozoïde se développant, avec grains de crépissage localisés et isolés.

Fig. 18. — *Idem.* Vésicule se développant et refoulant le noyau.

Fig. 19. — *Idem.* Spermatozoïde. Le noyau sphérique est faiblement coloré en vert brun. La coupole est vert intense. La tigelle l'est également.

Fig. 20. — *Idem.* Dans le noyau vert-brun faible est une tige verticale verte. Coupole très verte continue avec la tigelle très verte.

Fig. 21. — *Idem.* Spermatozoïde. Noyau brun, à peine un peu vert. Coupoles et boutons très verts.

Fig. 22. — *Idem.* Noyau brun avec disque horizontal vert au centre. Coupole d'un vert intense.

Fig. 23. — *Idem.* Noyau aplati et dense vert. Coupole et tigelle vertes.

Fig. 24, 25, 26. — *P. striatus* du 12 mars. Sublimé et acide acétique 10 °/₀. Dissociation dans l'éosine hématoxylique de Renaut.

Spermatozoïdes en voie de développement.

Fig. 27 à 32. — *P. striatus.* Liqueur de Müller. Hématoxyline. Dissociation dans la glycérine.

Deutospermatoblastes avec vésicules céphaliques dont quelques-unes multiples.

Fig. 33 et 34. — *P. striatus* du 2 mars. Dissociation du testicule frais dans une solution de NaCl à 10 °/₀.

Deux spermatozoïdes bien développés.

Fig. 35 à 46. — *P. callidus* du 29 mai. Liqueur de Flemming ; vert méthyle. Dissociation.

Spermatozoïdes. Formes diverses.

Fig 47. — *P. striatus* du 30 novembre. Liqueur de Ripart et Petit ; vert méthyle. Dissociation.

Spermatozoïdes à zones ou cercles de nucléine.

Fig. 48 à 51. — *P. striatus.* Liqueur de Ripart et Petit. Hématoxyline et éosine. Dissociation. Diverses formes de spermatozoïdes.

Fig. 52. — *Idem.* Spermatozoïde en voie de développement.

Fig. 53 à 59. — *P. striatus* du 1er décembre. Liqueur de Ripart, vert méthyle acétique.

Diverses formes de spermatozoïdes, avec ou sans cercles de nucléines.

Fig. 60 et 61. — *P. striatus* du 7 janvier. Vert méthyle acétique.

Deux spermatozoïdes.

Fig 62 et 63. — *P. striatus*. Deux spermatozoïdes observés à l'état frais dans le sérum du sang de l'animal.

Fig. 64, 65, 67. — *P. striatus*. Sublimé et acide acétique 20 %. Carmin aluné. Trois deutospermatoblastes avec vésicule très jaune.

Fig. 67 à 71. — *Paguristes maculatus* du 29 mars. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique. Dissociation. Deutospermatoblastes avec diverses phases du développement de la vésicule.

Fig. 72. —*Idem*. Spermatozoïde avec crépissage composé de grains distincts séparés. Prolongements protoplasmiques dédoublés par une erreur du graveur. Il y a trois prolongements ou filaments.

Fig. 73. — *Idem*. Spermatozoïde. Même erreur. Il n'y a que trois prolongements filiformes.

Fig. 74 à 78.— *P. maculatus* du 16 juin. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique. Dissociation.

Spermatozoïdes avec noyau sphérique homogène, à couleur verte tendre.

Fig. 79 à 85.— *P. maculatus* du 8 décembre. Même préparation. Spermatozoïdes à noyau granuleux.

Fig. 86 à 94.— *Scyllarus arctus*. Alcool à 70°. Glycérine picro-carminatée. Dissociation. Spermatozoïdes.

Fig. 95 et 96.— *Idem* du 5 juin. Spermatozoïdes observés à l'état frais dans le vert méthyle acétique.

Fig. 97.— *Idem* du 5 juin. Spermatozoïde observé à l'état frais dans le sang de l'animal.

Fig. 98.— *Idem*. Comme fig. 95 et 96.

Fig. 99 à 107.— *Scyllarus arctus* du 19 juin. Vert méthyle acétique. Diverses formes de spermatozoïdes.

Fig. 108.— *Idem*. Spermatozoïde frais dans le sang de l'animal.

Fig. 109 à 121.— *Palinurus vulgaris* du 22 février. Liqueur de Ripart et Petit et acide osmique, parties égales. Vert méthyle. Dissociation du canal déférent. Spermatozoïdes de diverses formes.

Fig. 122 à 124. — *Homarus vulgaris*. Sublimé et acide acétique. Alcools. Coupes. Trois deutospermatoblastes avec grosses vésicules montrant le crépissage interne.

Fig. 125.— *Maja squinado* du 26 mars. Sublimé et acide acétique 20 %. Carmin aluné. Coupes dans la glycérine.

Deutospermatoblaste à noyau assez dense.

Fig. 126 à 128.— *Idem*. Deutospermatoblastes avec vésicules à divers degrés de développement.

Fig. 129 et 130.— *Idem*. Dissociation dans la glycérine après fixation comme ci-dessus.

Fig. 131. *Idem*. Spermatozoïde à coupole plate et à anneau équatorial de nucléine.

Fig. 132 et 133.— *Maja squinado* du 14 février. Sublimé et acide acétique. Carmin aluné. Groupes de deutospermatoblastes à noyaux en apparence diffus et homogènes. La zone de protoplasme propre était très mince et à peine perceptible.

Fig. 134 à 141— *Idem*. Spermatozoïdes vus de champ et de face.

Fig. 142 et 143.— *Maja squinado*. Vert méthyle acétique. Deux spermatozoïdes.

Fig. 144 et 145.— *Maja squinado* Spermatozoïdes observés frais dans l'eau de mer et le sang de l'animal.

Fig. 146.— *Maja squinado*. Vert méthyle acétique. Deutospermatoblaste.

Fig. 147 à 154.— *Maja squinado*. Sublimé et acide acétique 20 °/₀. Vert méthyle acétique.

Spermatozoïdes pris dans un canalicule testiculaire.

Fig. 155 à 157.— *Maja squinado*. Sublimé et acide acétique 20 °/₀. Carmin de Béale.

Spermatozoïdes pris dans le canal déférent.

Fig. 158 à 162.— *Carcinus mœnas* du 8 décembre. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique.

Spermatozoïdes. Objectif F. de Zeiss.

Fig. 163 à 165.— *Idem*. Objectif 9 à immersion de Hartnack.

Fig. 166 à 170.— *Idem*. Objectif F. de Zeiss.

Fig. 171 à 180.— *Stenorhynchus longirostris* du 5 janvier. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique. Spermatozoïdes.

Fig. 181 et 182.— *Homarus vulgaris* du 10 janvier. Sublimé et acide acétique 20 °/₀. Alcools. Carmin boraté. Coupes.

Deux deutospermatoblastes avec vésicule.

Fig. 183.— *Idem*. *Homarus vulgaris* du 23 février. Spermatoblaste avec vésicule plus développée et crépissage.

Fig 184.— *Corystes dentatus* du 12 mars. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique.

Deutospermatoblaste de la deuxième génération.

Fig. 185 et 186.— *Idem*. Deutospermatoblastes avec vésicule et commencement de crépissage.

FIG. 187 à 191.— *Idem*. Spermatozoïdes pris dans les spermatophores. Objectif F. de Zeiss. Diamètre 0mm,006.

FIG. 192.— Spermatozoïde de *Maja squinado* d'après G. Hermann.

FIG. 193.— Spermatozoïde de *Homarus* d'après G. Hermann.

FIG. 194, 195 et 196.— *Dromia vulgaris*. Vert méthyle acétique. Spermatozoïdes pris dans le canal déférent.

FIG. 197 à 202.— *Carcinus mœnas* du 21 décembre. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique.

Spermatozoïdes pris dans les spermatophores. Obj. 1/18 pouce à immersion homogène de Zeiss. Diamètre 0mm,005. Hauteur 0mm,007 pour les plus grands.

FIG. 203 à 209.— *Idem* vus avec l'Objectif apochromatique 0,4 de Zeiss.

FIG. 210.— *Dromia vulgaris*. Dissociation dans Ripart et Petit et vert méthyle acétique.

Deutospermatoblaste avec très petite vésicule que le graveur a oubliée et qui était sous forme d'un très petit globule contigu au noyau.

FIG. 211 à 216.— *Idem*. Spermatozoïdes pris dans le canal déférent.

FIG. 217 à 222.— *Astacus fluviatilis* du 1er mars. Liqueur de Ripart et acide osmique. Vert méthyle acétique.

Spermatozoïdes pris dans la partie inférieure du canal déférent.

FIG. 223.— *Maja squinado* du 26 mars Sublimé et acide acétique. Coupes colorées par le carmin aluné. Spermatozoïde vu de champ.

FIG. 224. — *Idem*. Spermatozoïde vu de face.

FIG. 225. — *Paguristes maculatus*. Liqueur de Ripart; vert méthyle. Protospermatoblastes dont la membrane nucléaire a disparu avec grains chromophiles verts répandus dans le cytoplasme, se préparant à la cinèse.

PLANCHE VIII.

FIG. 1. — *Homarus vulgaris* du 28 juin. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique.

Protospermatoblaste quiescent avec un Nebenkern ou noyau accessoire chromophile entouré d'une zone claire, et un gros nucléole.

FIG. 2. — *Idem*. Liqueur de Ripart et Petit. Picrocarminate d'ammoniaque. Deutospermatoblaste à deux vésicules.

Fig. 3. — *Idem*. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique. Spermatozoïde en voie de développement. Noyau homogène. Grande vésicule. Zone protoplasmique. Début de la tigelle.

Fig. 4 à 9. — *Idem*. Diverses formes de spermatozoïdes, vues sous divers aspects.

Fig. 10. — *Idem*. Liqueur de Ripart et Petit. Violet de gentiane. Spermatozoïde en voie de développement.

Fig. 11 à 14. — *Idem*. Vert méthyle. Deutospermatoblastes et spermatozoïdes avec des degrés divers de la vésicule et du crépissage de la coupole.

Fig 15 à 19. — *Idem*. Spermatozoïdes; formes diverses.

Fig. 20 à 23. — *Idem*. Spermatozoïdes dans l'extrémité inférieure du canal déférent.

Fig. 24 et 25. — *Idem*. Liqueur de Ripart. Dissociation dans le carmin aluné étendu.

Deux formes de spermatozoïdes.

Fig. 26. — *Idem*. Liqueur de Ripart et Petit. Fuchsine acide.

Dissociation.

Deutospermatoblaste avec grande vésicule, crépissage, et orientation en méridiens des grains chromophiles du contenu de la vésicule.

Fig. 27. — *Idem*. Deutospermatoblaste avec deux vésicules présentant les mêmes caractères que celle de la fig. 26.

Fig. 28 à 31. — *Idem*. Liqueur de Ripart. Carmin aluné dilué.,

Diverses formes de spermatozoïdes.

Fig. 32 à 37. — *Idem*. Liqueur de Ripart. Carmin aluné et vésuvine.

Dissociation.

Diverses formes de spermatozoïdes.

Fig. 38 à 42. — *Idem*. Liqueur de Ripart et Petit. Hématoxyline et éosine.

Diverses formes de spermatozoïdes. Obj. apochromat. $0^{mm},4$ de Zeiss.

Fig. 43 à 50. — *Idem*. Liqueur de Ripart et Petit. Dissociation d'un cul-de-sac testiculaire dans la glycérine hématoxylique de Renaut.

Diverses formes de spermatozoïdes.

Fig. 51 à 56. — *Idem*. Liqueur de Ripart et Petit. Dissociation dans une solution diluée d'hématoxyline.

Spermatozoïdes pris dans le canal déférent.

Object. apochr. $0^{mm},4$ de Zeiss.

Fig. 57 et 58. — *Pagurus striatus* du 22 février. Liqueur de Ripart et acide osmique à 1 °/₀, parties égales. Vert méthyle acétique.

Deux protospermatoblastes avec Nebenkörper et granules chromophiles et réfringents nombreux dans le protoplasme sur le trajet des filaments du réseau protoplasmique. Les gros Nebenkörper sont formés par l'agglomération des petits grains. Nucléine périphérique et en partie irradiée.

Cellules se préparant à la cinèse. Les cellules semblables sont nombreuses chez le sujet.

Fig. 59 à 72. — *Pagurus striatus* du 14 décembre. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique. Dissociation.

Diverses formes de spermatozoïdes.

Obj. 10 à immersion de Prasmowsky.

Fig. 73 à 81. — *P. striatus* du 2 mars. Liqueur de Ripart et Petit et acide osmique à 1 °/₀. Vert méthyle acétique.

Diverses formes de spermatozoïdes.

Fig. 82 à 85. — *P. striatus* de janvier. Liqueur de Ripart. Vert méthyle acétique.

Spermatozoïdes dont deux avec manchon hyalin.

Fig. 86, 87, 88. — *P. striatus*. Sublimé et acide acétique 10 °/₀.

Dissociation dans éosine hématoxylique de Renaut.

Deutospermatoblastes passant à l'état de spermatozoïdes.

Grandes vésicules d'une couleur plus bleue que le noyau. (Couleurs mal rendues par la planche).

Fig. 89 à 92. — *P. striatus*. Sublimé et acide acétique à 10 °/₀.

Hématoxyline de Delafield diluée, et puis éosine.

Spermatozoïdes où la vésicule, d'abord violette ou bleue, est devenue rose par le dépôt du crépissage.

Fig. 93. — *Idem*. Coupe de la vésicule avec son contenu granuleux rétracté.

Les grains sont violets et se déposeront sous forme de crépissage.

Fig. 94. — *Idem*. Spermatozoïde et manchon hyalin.

Fig. 95. — *Idem*. Même explication que pour fig. 93.

Fig. 96 à 100. — *P. striatus*. Spermatozoïdes après cinq jours de traitement dans une solution de chlorure de sodium à 10 °/₀, et lavage dans le vert méthyle acétique. La nucléine s'est en partie dissoute.

Fig. 101 et 102. — *Idem*. Spermatozoïdes après quarante-huit heures de traitement dans une solution de chlorure de sodium à 10 °/₀ ; puis lavage au vert méthyle acétique.

FIG. 103. — *Idem*. Deutospermatoblaste après le même traitement. Le graveur a trop accentué les grains de chromatine.

FIG. 105 à 107. — *Pagurus striatus*. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique.

Formes diverses de spermatozoïdes et crépissage granuleux très évident en fig. 105 et 106.

PLANCHE IX.

FIG. 1 à 9. — *Eupagurus Lucasii* du 18 avril.

Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique. Diverses formes de spermatozoïdes avec grandes vésicules hypertrophiées.

La fig. 3 représente un état moins avancé et un noyau à nucléine granuleuse.

FIG. 10 à 15. — *Eupagurus Lucasii* du 22 décembre.

Mêmes réactifs. Spermatozoïdes d'une autre forme que les précédents.

FIG. 16 à 24. — *Paguristes maculatus* du 13 février. Liqueur de Ripart et vert méthyle acétique. Spermatozoïdes.

FIG. 25 à 27. — *Pag. maculatus* du 29 mars. Liqueur de Ripart et violet de gentiane. Object. apochromatique $0^{mm},4$ de Zeiss.

FIG. 28 à 34. — *Pag. maculatus* du 21 avril. Liqueur de Ripart et vert méthyle acétique. Spermatozoïdes.

FIG. 35 à 37. — *Diogenes varians* du 23 mars. Liqueur de Ripart et violet de gentiane.

Spermatozoïdes. Obj. apoch. $0^{mm},4$ de Zeiss. Diamètre 0,018.

FIG. 38. — *Idem*. Deutospermatoblaste avec vésicule à son début. Obj. apoch. $0^{mm},4$ de Zeiss. Diamètre 0,009.

FIG. 39. — *Diogenes varians* d'avril. Sublimé et acide acétique. Alcools. Coupes. Coloration par la méthode de Bizzozero.

Protospermatoblaste avec fuseau et plaque équatoriale.

Les séries de grains sont inégales quant aux dimensions des grains de nucléine. Il y a deux séries successives de grains fins séparés par une série de grains gros. Le graveur a complètement méconnu et altéré ce caractère.

FIG. 40 à 43. *Idem*. Spermatozoïdes se développant avec grandes vésicules à fins grains chromophiles. Les noyaux ont été repoussés et aplatis.

FIG. 43, 44. — *Idem*. Spermatozoïdes.

Fig. 45 à 50. — *Diogenes varians* du 8 février. Liqueur de Ripart et vert méthyle acétique. Spermatozoïdes.

Fig. 51 à 63. — *Diogenes varians* du 8 mars. Mêmes réactifs. Spermatozoïdes. Les fig. 60, 61, 62 et 63, représentent aussi les grands manchons hyalins.

Fig. 64. — *Scyllarus arctus* du 8 octobre. Liqueur de Ripart et vert méthyle. Deutospermatoblaste avec jeune vésicule.

Fig. 65 à 75. — *Idem*. Spermatozoïdes. Obj. $0^{mm},4$ apochromat. de Zeiss.

Fig. 76 à 78. — *Idem*. Spermatozoïdes. Apochr. à immersion $1^{mm},25$ de Zeiss. Spermatozoïdes.

Fig. 79 à 86. — *Idem*. Spermatozoïdes pris dans les spermatophores. 86 a été coloré par le carmin aluné.

Fig. 87. — *Idem*. Spermatozoïde vu de face.

Fig. 88. — *Palæmon serratus* du 28 juin.
Liqueur de Ripart et Vert méthyle.
Grand protospermatoblaste à l'état quiescent. Obj. apochr. $0^{mm},4$ de Zeiss. Diamètre $0^{mm},015$.

Fig. 89, 90. — *Pal. serratus*. Liqueur de Ripart et vert méthyle acétique. Deux grands noyaux-germes se divisant par clivage.

Fig. 91 à 105. — *Pal. serratus* du 23 mars.
Liqueur de Ripart et vert méthyle.
Spermatozoïdes pris soit dans les acini testiculaires (102 à 105) soit dans le canal déférent.

Fig. 106. — *Pal. serratus* du 8 mars. Sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique. Coupes. Safranine. Deutospermatoblastes observés dans les acini. Obj. $0^{mm},4$ apochr. de Zeiss.

Fig. 107 à 113. — *Idem*. Formes diverses de spermatozoïdes en développement dans les acini testiculaires. Obj. 1/16 de pouce à immersion homogène de Leitz.

Fig. 114 à 116. — *Idem*. Spermatozoïdes parfaits dans le canal déférent.

Fig. 117 à 123. — *Palæmon Treillianus* du 16 septembre. Liqueur de Ripart et vert méthyle. Formes observées dans les culs-de-sac testiculaires.

Fig. 124 à 129. — *Idem*. Spermatozoïdes dans les culs-de-sac testiculaires.

Fig. 130. — *Pal. serratus* du 8 mars. Sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique. Alcools. Coupes. Safranine.
Deutospermatoblaste avant sa transformation en spermatozoïde.

Fig. 131. — *Idem*. Groupes de spermatoblastes plongés dans le protoplasme caduc. Leur protoplasme propre se distinguait à

peine, soit qu'il eût été contracté par les réactifs, soit qu'il fût masqué par le protoplasme caduc.

Fig. 132 à 134. — *Idem* Formes observées dans les tubes testiculaires.

Fig. 135 et 136. — *Pal. serratus* du 8 mars. Sublimé et 10 °/₀ d'acide acétique. Alcools. Coupes. Hématoxyline diluée, et ensuite solution aqueuse d'éosine.

Spermatozoïdes. Obj. apochr. 0^{mm},4 de Zeiss.

Fig. 137 à 146. — *Pal. Treillianus*. Liqueur de Ripart et vert méthyle. Dissociation.

Spermatozoïdes. Obj. apochr. 0^{mm},4 de Zeiss.

Fig. 147 à 149. — *Pal. serratus*. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique d'abord, brun bismark ensuite.

Spermatozoïdes.

Fig. 150 à 158. — *Pal. Treillianus* du mai. Sublimé et 5 °/₀ d'acide acétique. Alcools. Coupes. Coloration par la méthode de Bizzozero.

Spermatozoïdes de diverses formes et à divers degrés de développement, pris dans les canalicules testiculaires.

Obj. 1/16 de pouce à immersion homogène de Leitz.

Fig. 159 à 166. — *Pal. serratus* du 8 mars. Liqueur de Ripart et vert méthyle. Dissociation.

Spermatozoïde pris dans le canal déférent. Obj. 0^{m},4 apochr. de Zeiss.

Fig. 167. — *Idem*. Deutospermatoblastes.

Fig. 168 à 178. — *P. serratus* du 29 mars. Liqueur de Ripart et vert méthyle.

Spermatozoïdes de diverses formes.

Fig. 179 à 188. — *P. serratus* du 29 mars. Liqueur de Ripart et violet de gentiane.

Spermatozoïdes de diverses formes. Obj. apochr. 0^{mm},4 de Zeiss.

Planche X.

Fig. 1 à 12. — *Palæmon serratus* du 22 février. Liqueur de Ripart et Petit et acide osmique à 1/100. Vert méthyle acétique.

Spermatozoïdes de formes diverses. Obj. 0^{mm},4 apochr. de Zeiss.

Fig. 13 à 19. — *Pal. serratus* du 14 mai. Mêmes réactifs.

Spermatozoïdes divers. Obj. à immers. homog. 1/16 pouce de Leitz.

FIG. 20 à 23. *Pal. Treillianus* du 17 novembre. Liqueur chromo-acéto-osmique de Flemming. Alcools. Coupes. Carmin aluné.

Spermatozoïdes en voie de développement. Vésiculisation et décoloration progressive de la nucléine.

FIG. 24 et 25. — *Pal Treillianus* du 8 octobre. Liqueur de Ripart et vert méthyle acétique. Dissociation.

Deux spermatozoïdes en développement pris dans les canalicules testiculaires. Obj. apochr. à immersion 2,5 de Zeiss.

FIG. 26 à 29. *Pal. Treillianus* du 8 octobre. Liqueur de Ripart, et après lavage, fuchsine acide. Dissociation.

Spermatozoïdes dans les canalicules testiculaires. Obj. apochr. à immersion 2,5 de Zeiss.

FIG. 30 à 36. — *Pal. Treillianus* du 8 octobre. Liqueur de Ripart, et après lavage carmin aluné. Dissociation.

Spermatozoïdes pris dans les canalicules.

FIG. 37 et 38. — *Pal. Treillianus* du 29 novembre. Liqueur de Ripart et après lavage violet de gentiane. Dissociation.

Spermatozoïdes dans les canalicules. Vésiculisation et orientation de la nucléine.

FIG. 39 à 41 *Pal. Treillianus* du 17 novembre. Liqueur chromo-acéto-osmique de Flemming. Alcools. Carmin aluné. Coupes.

Spermatozoïdes avec vésiculisation et décoloration de la nucléine, pris dans le canal déférent.

Obj. apochr. 2,5 à immersion de Zeiss.

FIG. 42. — *Idem*. Représente à un plus fort grossissement l'aiguille du spermatozoïde. C'est par erreur que le graveur a placé une traînée rouge dans l'aiguille au-dessus des vésicules. Ces dernières sont faiblement colorées ; l'extrémité de l'aiguille qui les surmonte est incolore.

FIG. 43 à 46. — *Pal. Treillianus* du 29 novembre. Liqueur de Ripart, et, après lavage, violet de gentiane faible.

Spermatozoïdes dont l'un a 2 pointes. Vésiculisation et décoloration de la nucléine. Obj. apochr. 2, 5 à immersion de Zeiss. Ocul. compensateur 8.

FIG. 47 à 53. — *Pal. Treillianus* du 8 novembre. Sublimé et 5 °/₀ d'acide acétique. Alcools. Coupes. Carmin aluné.

Spermatozoïdes pris dans le canal déférent et entourés d'un liquide spumeux qui remplit le canal.

Décoloration de la nucléine.

Obj. à immers. homog. 1/12 de pouce de Zeiss.

FIG. 54 et 55. — *Pal. Treillianus* du 17 novembre. Liqueur chromo-acéto-osmique de Flemming. Alcools. Coupes. Carmin aluné.

Spermatozoïdes avec protoplasme vésiculaire ou réticulé. Vésiculisation et décoloration de la nucléine.

FIG. 56. — *Idem*. Dissociation dans la gélatine glycérinée.

Spermatozoïde observé avec l'obj. 0^{mm},4 à immersion de Zeiss.

FIG. 57. — *Idem*. Spermatozoïde dont on n'a dessiné que l'éminence protoplasmique vésiculeuse ou réticulée.

FIG. 58. — *Pal. Treillianus* du 16 septembre. Sublimé et 5 °/$_0$ d'acide acétique. Alcools. Coupes. Hématoxyline.

Deutospermatoblastes avec grande vésicule et nucléine refoulée en un gâteau ou disque concavo-convexe.

Obj. 1/16 de pouce à immers. homog. de Leitz.

FIG. 59 et 60. — *Pal. Treillianus* du 29 novembre. Liqueur de Ripart et Petit. Après lavage violet de gentiane. Dissociation.

Spermatozoïdes avec vésiculisation et orientation de la nucléine.

Obj. apochr. à immersion 2,5 de Zeiss.

FIG. 61 et 62. — *Idem*. Spermatoblastes commençant à se transformer en spermatozoïdes. Dans la fig. 62 on voit la vésiculisation commençante de la nucléine.

FIG. 63. — *Pal. serratus* du 14 mai. Liqueur de Ripart et vert méthyle. Spermatozoïde. Décoloration partielle et totale de la nucléine.

FIG. 64 à 66. — *Pal. Treillianus* du 8 novembre. Liqueur de Ripart et vert méthyle.

Spermatozoïdes de formes diverses.

FIG. 67. — *Pal. Treillianus* du 8 novembre.

Sublimé et acide acétique. Carmin aluné et carmin d'indigo. Nucléine rose ; cytoplasme réticulé en bleu.

FIG. 68. — *Pal. Treillianus* du 17 novembre. Liqueur chromo-acéto-osmique de Flemming. Alcools. Coupes. Carmin aluné.

Protospermatoblastes avec corps nucléinés en cordon se fragmentant. Obj. apochr. 0,4 Zeiss. Diamètre, 0^{mm},03.

FIG. 69. — *Idem*. Spermatozoïde. Vésiculisation et décoloration de la nucléine.

FIG. 70. — *Pal. Treillianus* du 22 novembre. Liqueur de Flemming. Alcools. Coupes, Carmin chlorhydrique.

Protospermatoblaste à l'état quiescent.

Obj. apochr. à immersion 2,5 de Zeiss.

Fig. 71 à 74. — *Pal. Treillianus* du 22 novembre. Liqueur de Flemming. Alcools. Coupes. Carmin chlorhydrique.

Spermatozoïdes pris dans les canalicules testiculaires. Vésiculisation, orientation et décoloration de la nucléine.

Obj. apochr. à immersion 2,5 de Zeiss.

Fig. 75 et 76. — *Pal. Treillianus* du 17 novembre. Liqueur de Flemming. Alcools. Coupes. Carmin aluné.

Spermatozoïdes avec vésiculisation, orientation et décoloration de la nucléine. Pris dans les canalicules testiculaires.

Fig. 77 à 81. — *Pal. Treillianus* du 8 octobre. Liqueur de Ripart. Après lavage, carmin aluné dilué et enfin vésuvine.

Spermatozoïdes. Obj. apochr. 0,4 de Zeiss.

Fig. 82. — *Idem.* Eosine. Spermatozoïde.

Fig. 83 et 84. — *Idem.* Comme fig. 77 à 81.

Fig. 85, 86, 87. — *Astacus fluviatilis* du 4 septembre. Pris en liberté. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle. Dissociation.

Trois protospermatoblastes en voie de cinèse, avec corpuscules paranucléaires réfringents et chromophiles.

Les cellules semblables étaient très nombreuses dans la préparation.

Fig. 88 et 89. — *Idem.* Deutospermatoblastes avec vésicule encore jeune.

Fig. 90 à 96. — Autre *Astacus* du 4 septembre. Pris en liberté. Mêmes réactifs. Spermatozoïdes en voie de développement.

Fig. 97 et 98. — *Astacus* du 8 août. Pris en liberté. Mêmes réactifs.

Protospermatoblastes en voie de cinèse avec corpuscules paranucléaires réfringents et chromophiles.

Fig. 99. — *Idem.* Spermatozoïde en voie de développement.

Fig. 100 à 104. — *Eupagurus angulatus* du 28 février. Liqueur de Ripart et vert méthyle. Dissociation.

Spermatozoïdes de formes diverses et à divers degrés de développement.

Fig. 105. — *Decticus albifrons* de juin. Sublimé et 1 °/₀ d'acide acétique. Alcools. Coupes. Carmin aluné. Deux deutospermatoblastes avec vésicule encore jeune. Noyaux réticulés avec beau nucléole.

Obj. à immersion apochr. 2,5 de Zeiss.

Fig. 106. — *Locusta viridissima* de juin. Mêmes réactifs.

Spermatozoïde en voie de développement. Obj. 1/18 pouce à immersion homogène de Zeiss.

Fig. 107. — *Idem*. Noyau et vésicule d'un spermatozoïde semblable isolés du cytoplasme.

Fig. 108 à 110. — *Decticus albifrons*. Mêmes réactifs.
Spermatozoïdes avec vésicule plus avancée et avec vésiculisation de la nucléine du noyau.

Fig. 111 et 112. — *Decticus albifrons*. Liqueur de Ripart et Petit. Après lavage, hématoxyline très diluée et glycérine.
Spermatozoïdes avec vésicule et avec vésiculisation de la nucléine du noyau.

Fig. 113 et 114 — *Idem*. Deux spermatozoïdes où la vésicule céphalique s'est allongée en ovoïde ou trapézoïde, et où les vésicules de nucléine du noyau commencent à former la coiffe céphalique.

Fig. 115, 116, 117. — *Decticus griseus*. Liqueur de Ripart et Petit. Vert méthyle acétique.
Spermatozoïdes avec des degrés divers de vésiculisation de la nucléine du noyau. Obj. 2,5 apochr. à immersion de Zeiss.

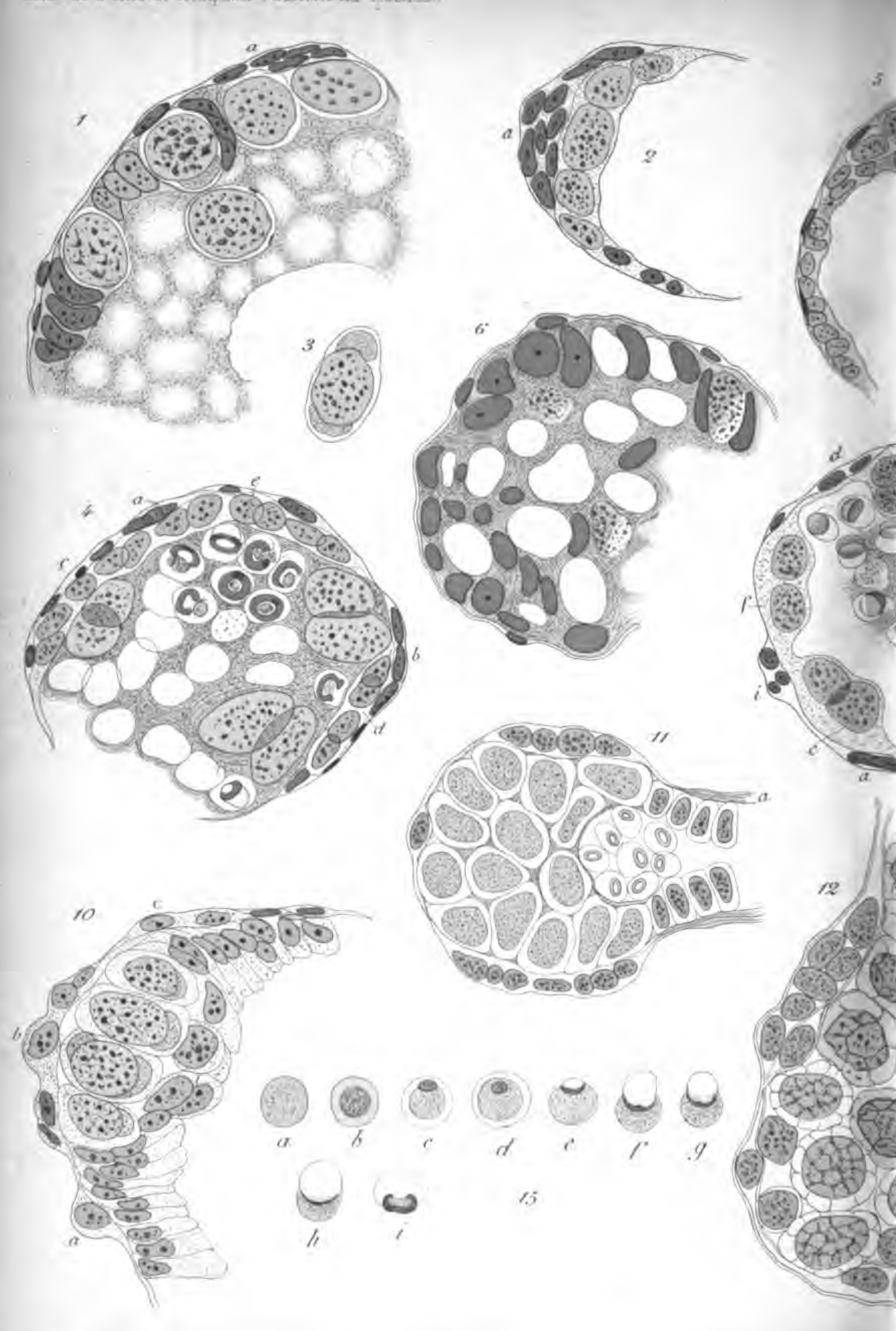
Fig. 118 et 119. — *Idem*. Mêmes réactifs. Deux spermatozoïdes avec coiffe céphalique déjà formée et crépissage accentué de la vésicule céphalique vue de face.

Fig. 120. — *Idem* Un spermatozoïde vu de champ.

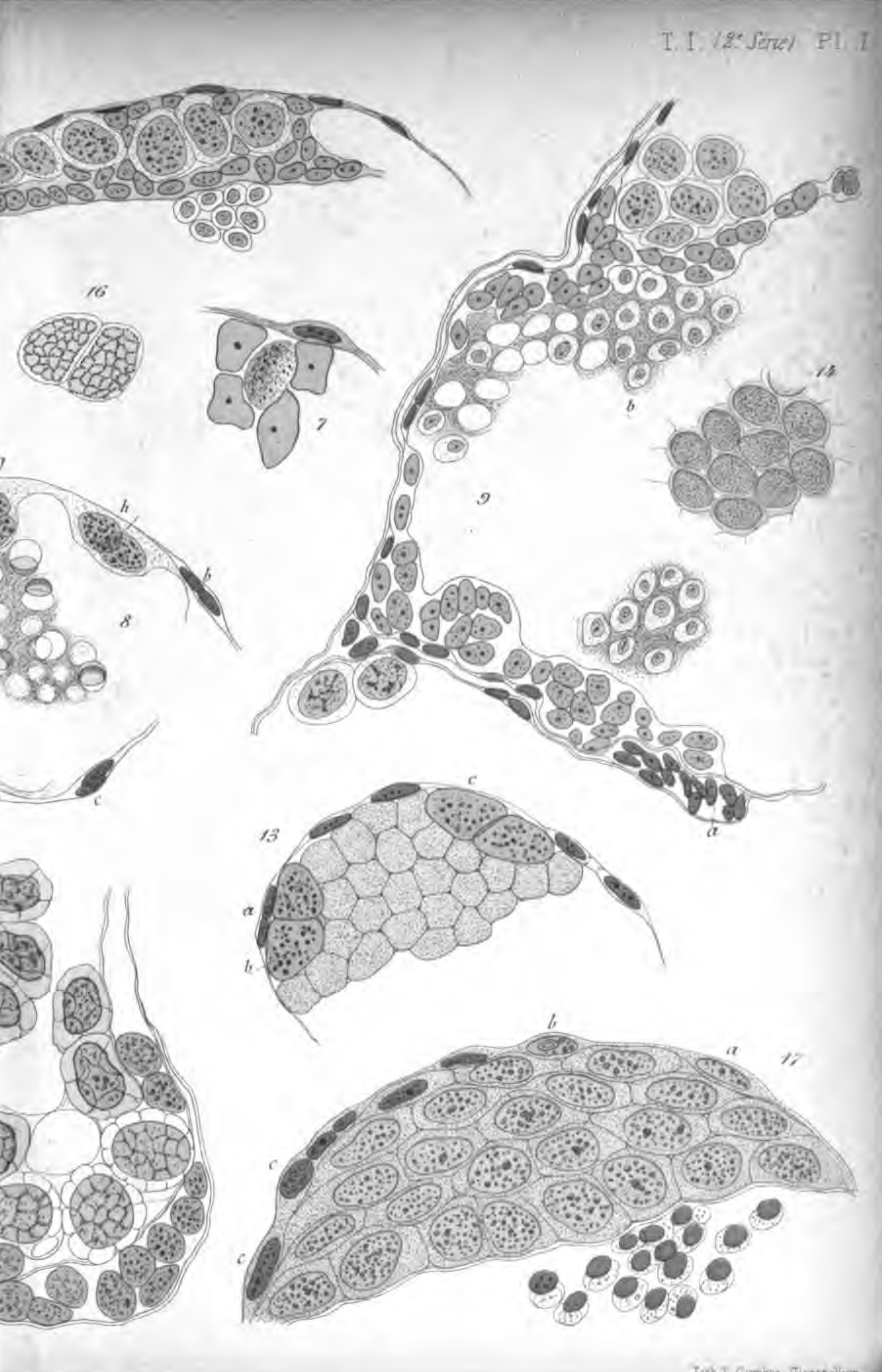
Fig. 121 à 127. — *Locusta veridissima*. Sublimé et 1 °/。 d'acide acétique. Hématoxyline et éosine.
Spermatozoïdes à divers degrés de développement.

Fig. 128 et 129. — *Idem*. Têtes et coiffes céphaliques de spermatozoïdes complètement développés.

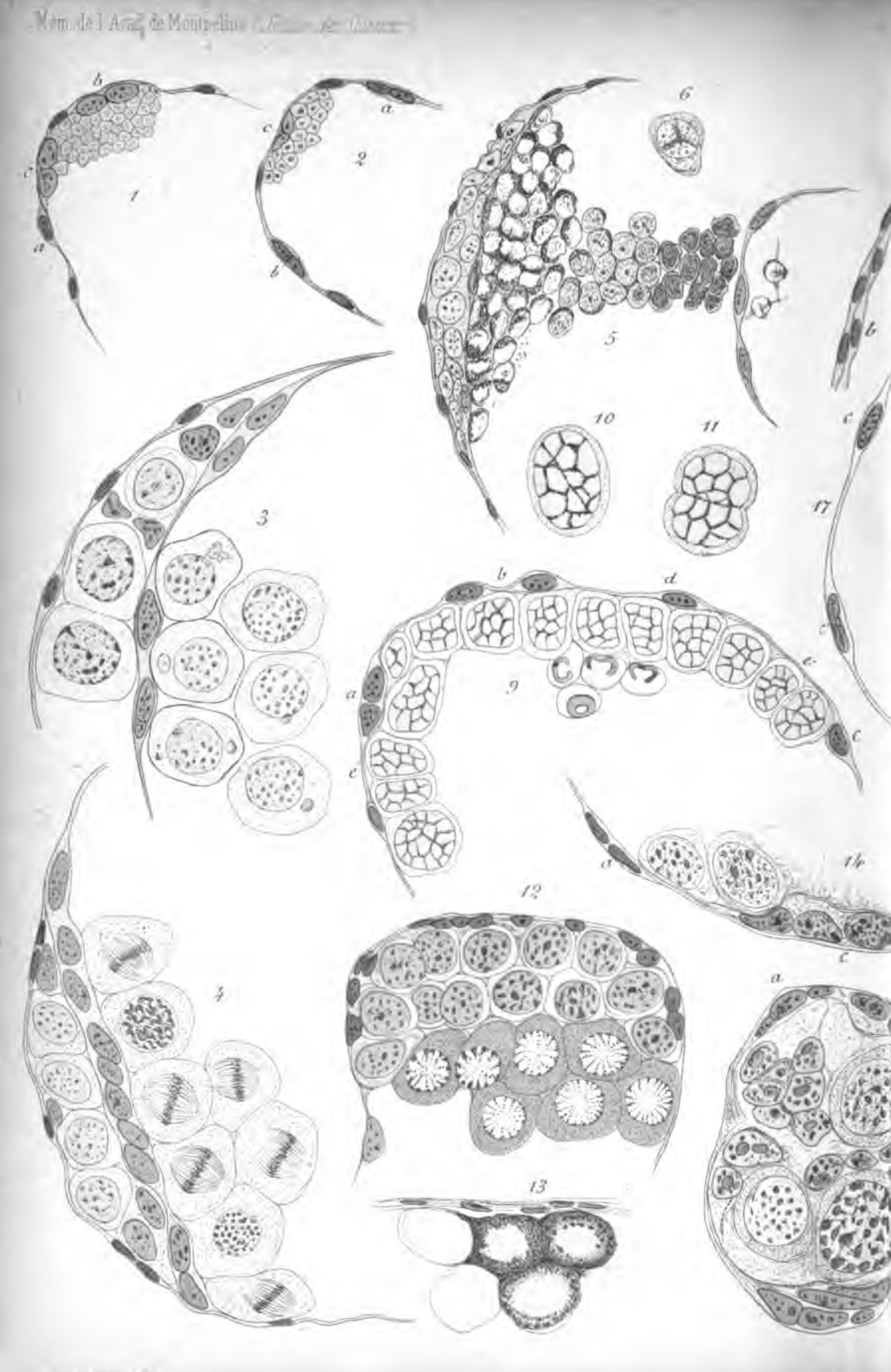
Montp. — Typogr. Charles Boehm.



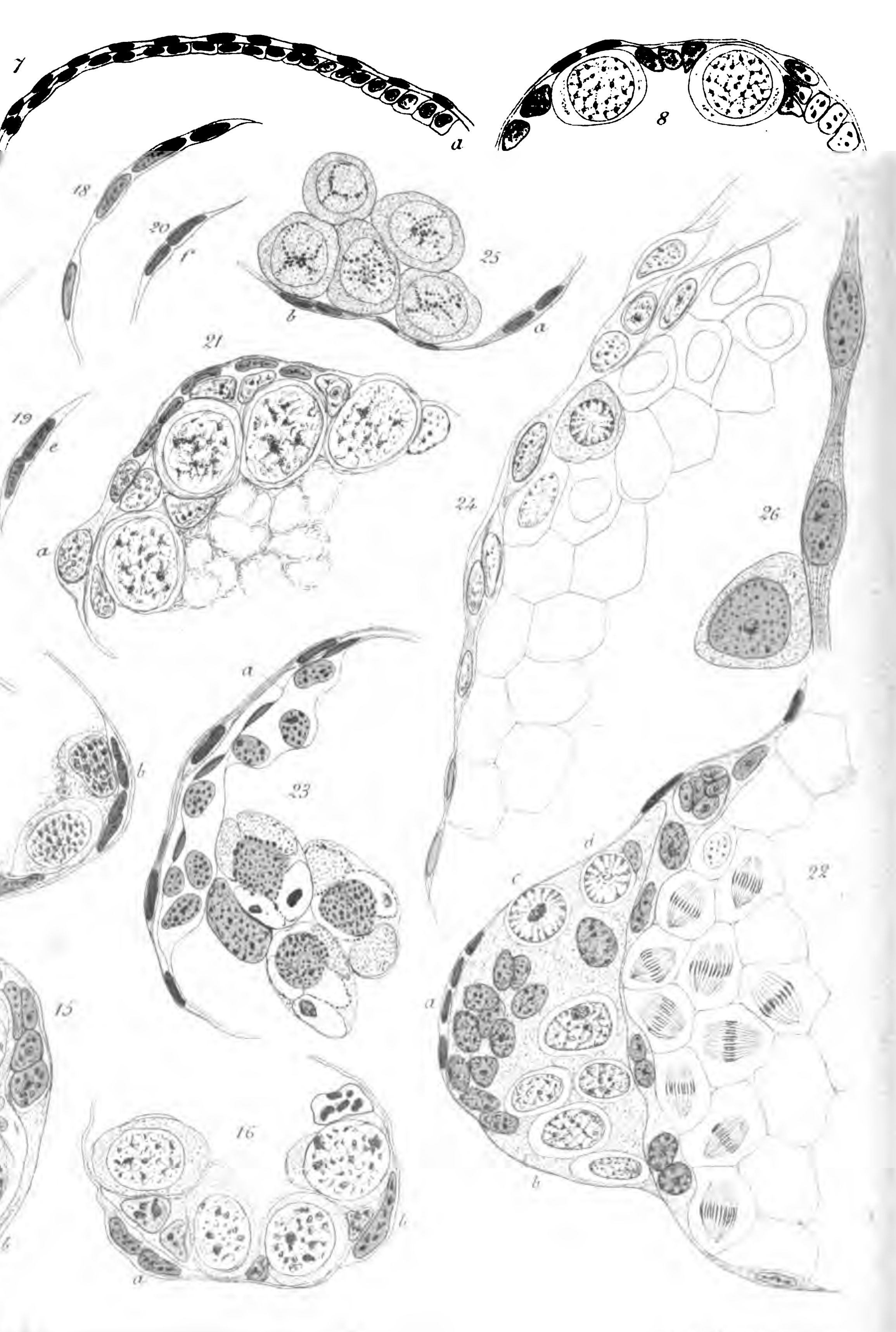
Gratier del.

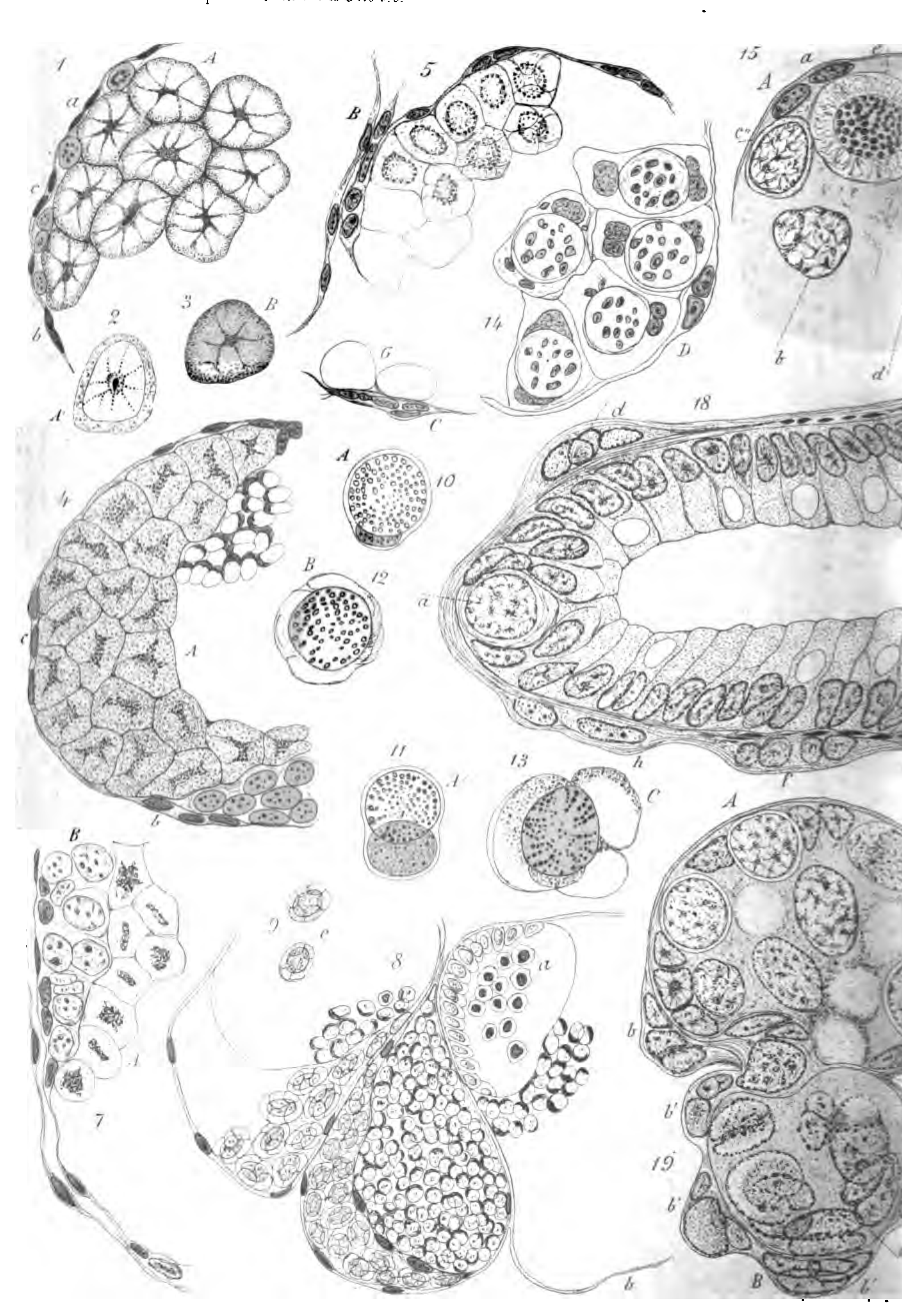


Lith. L. Combes, Montpellier

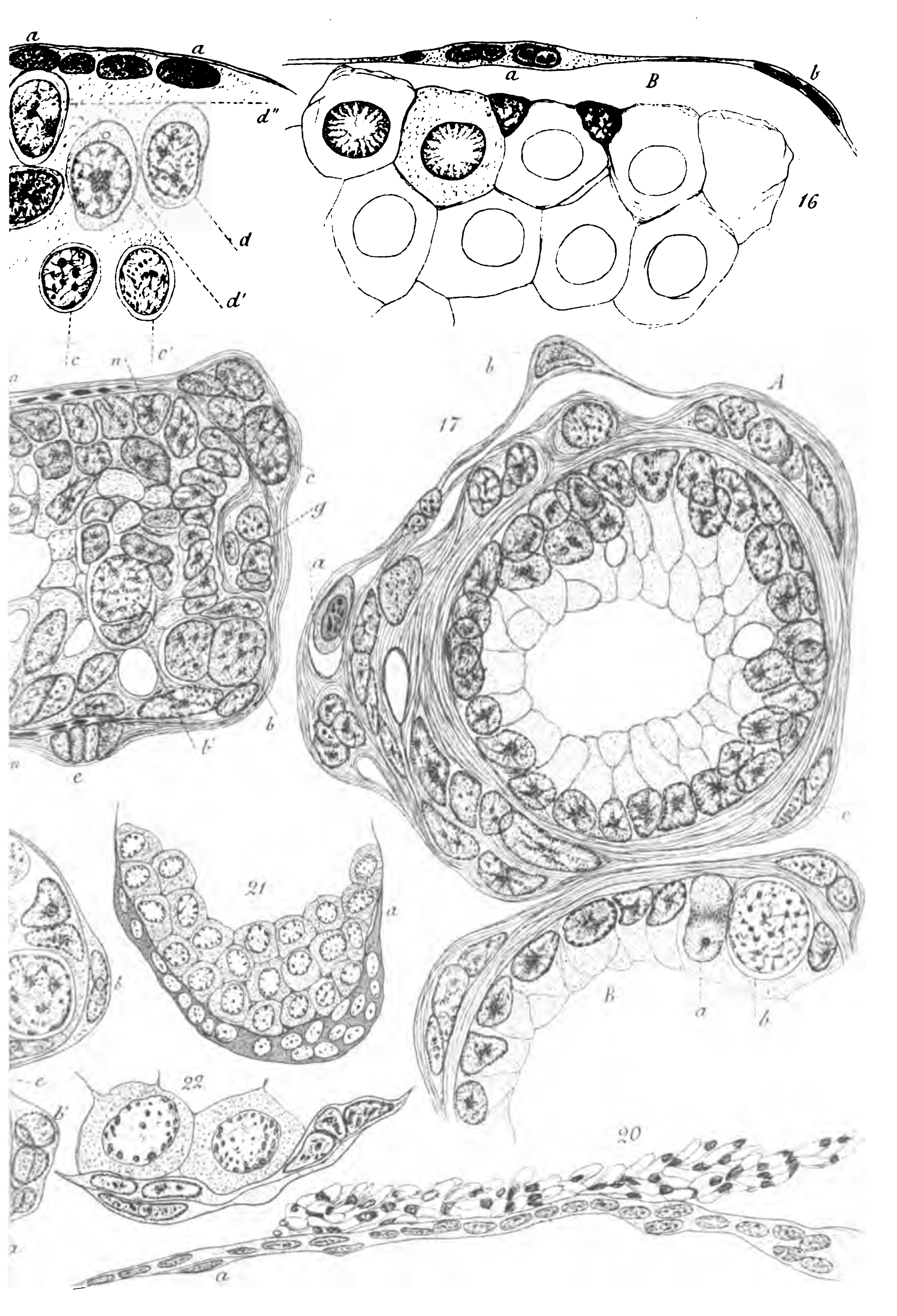


A. Sabatier del.

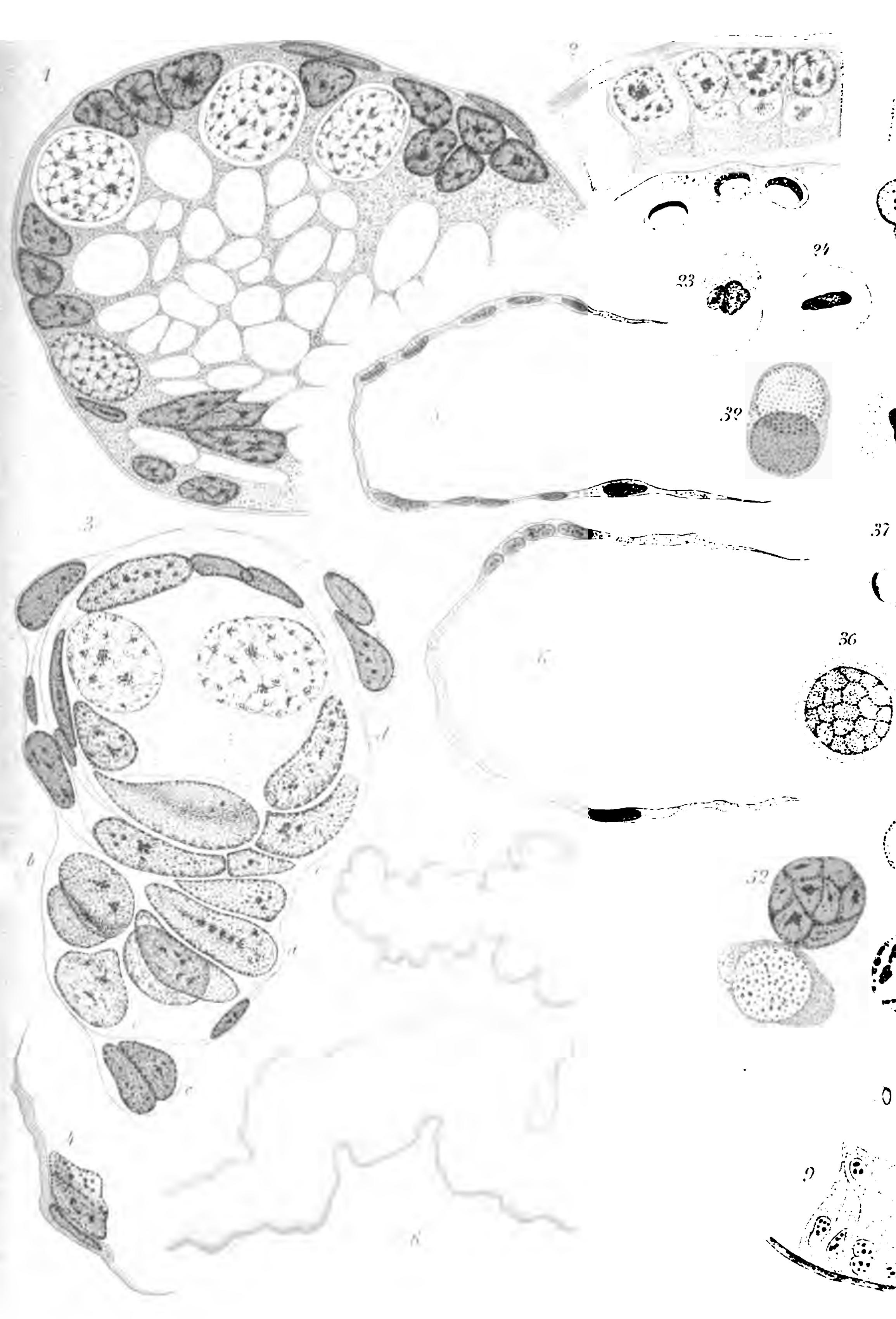

7
a
8
18
20
f
25
b
a
21
19
e
a
24
26
a
b
23
a
d
c
22
15
16
a
b
b



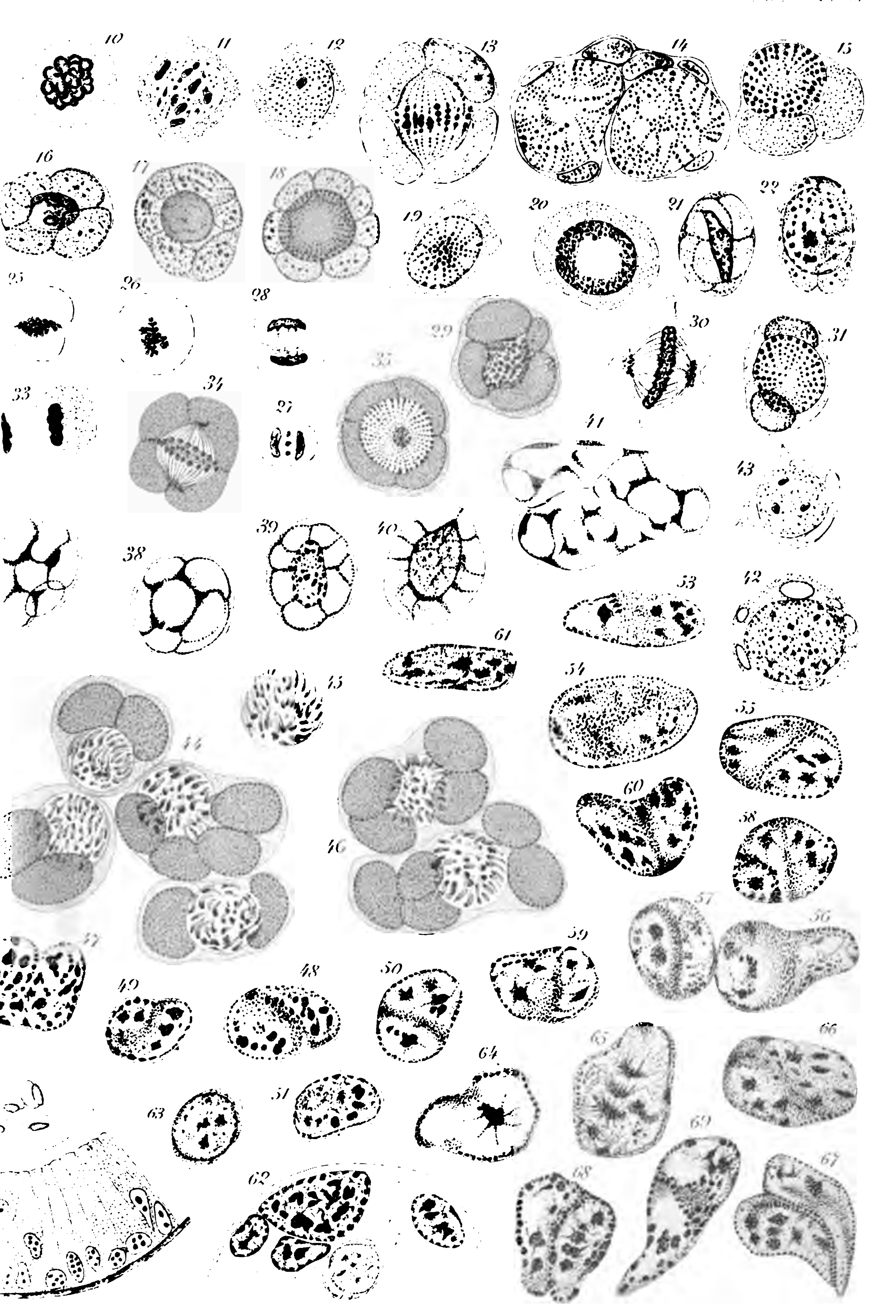
patier del.

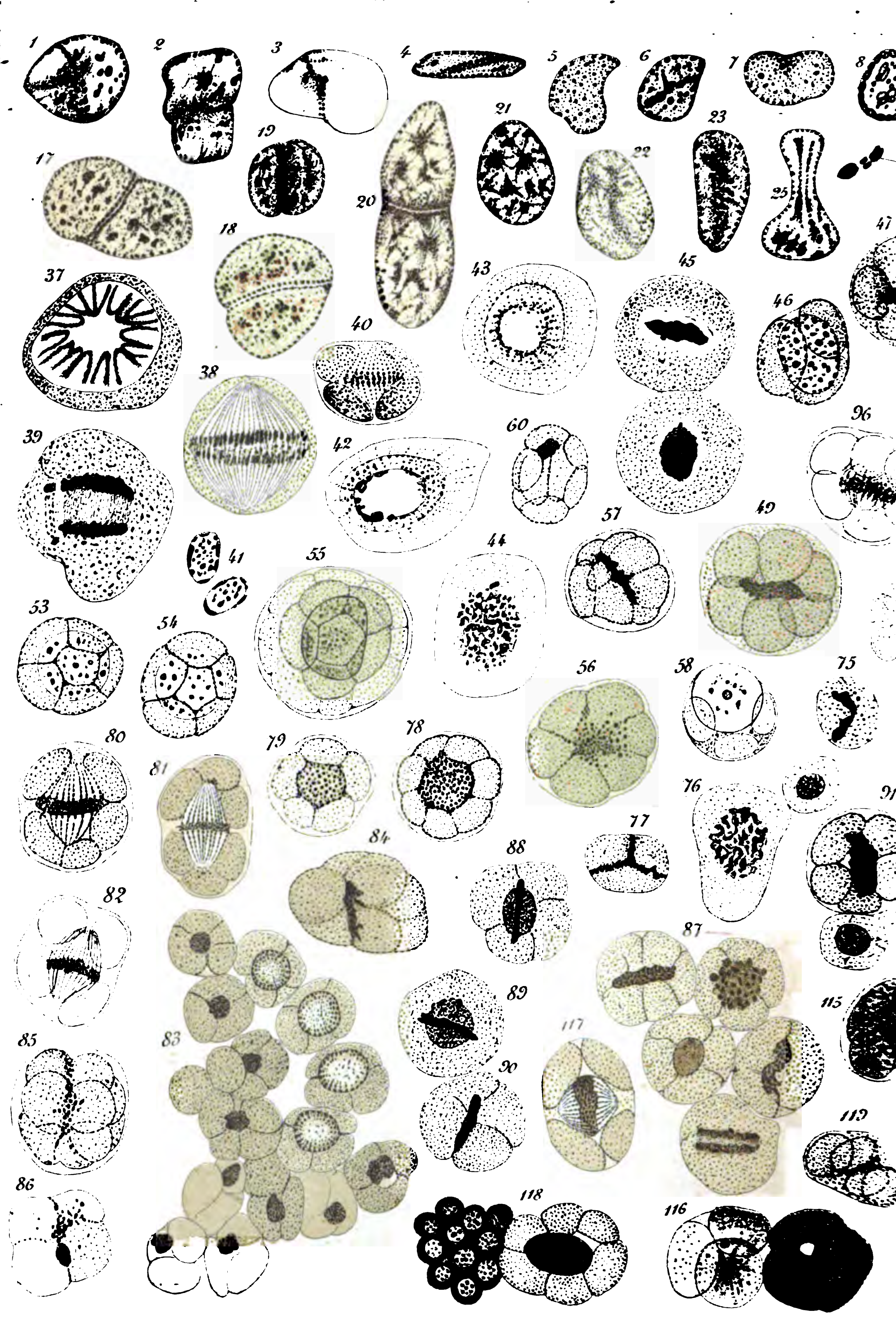


Lith. L. Combes Montpellier

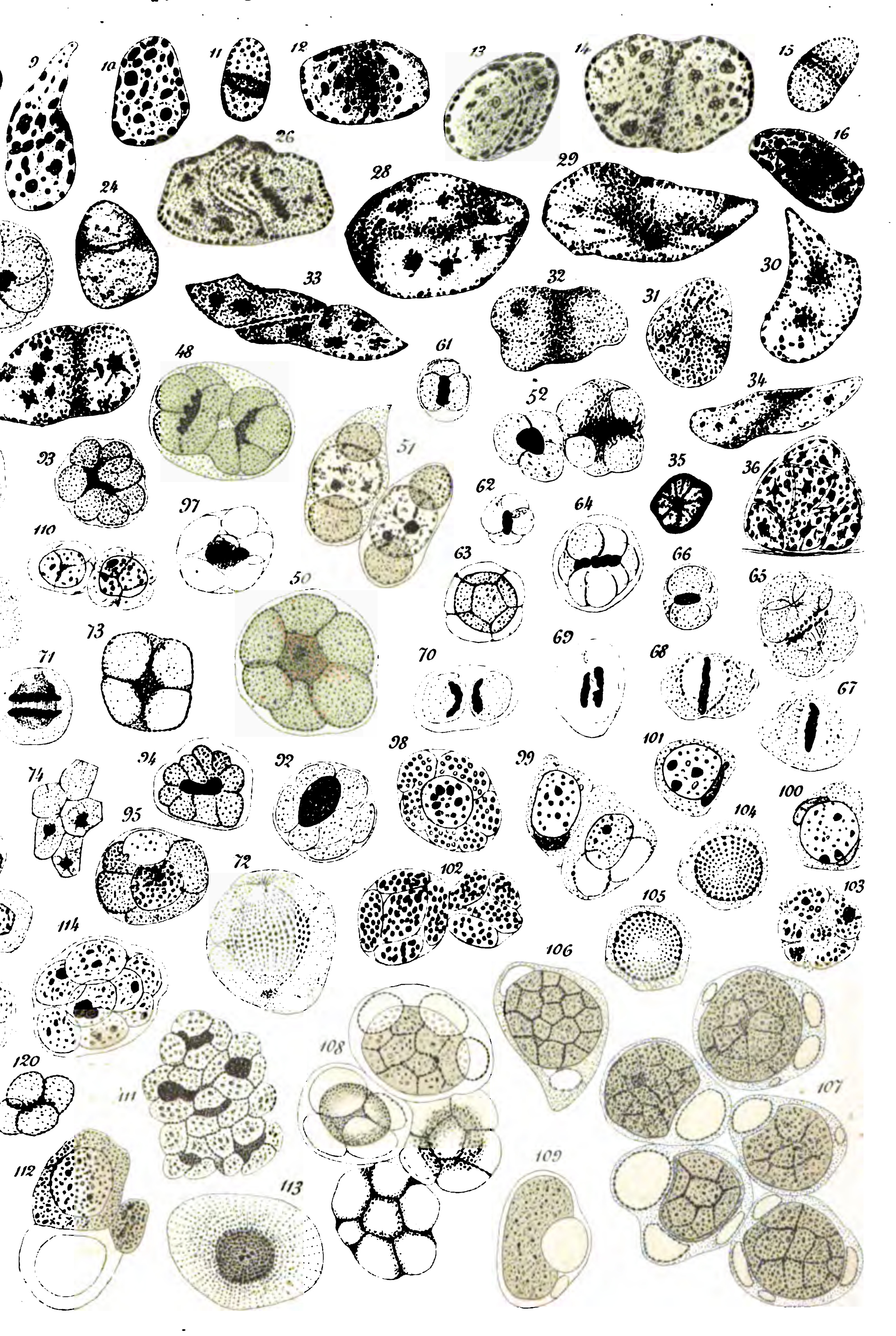


1
2
3
4
23
24
32
36
37
52
9

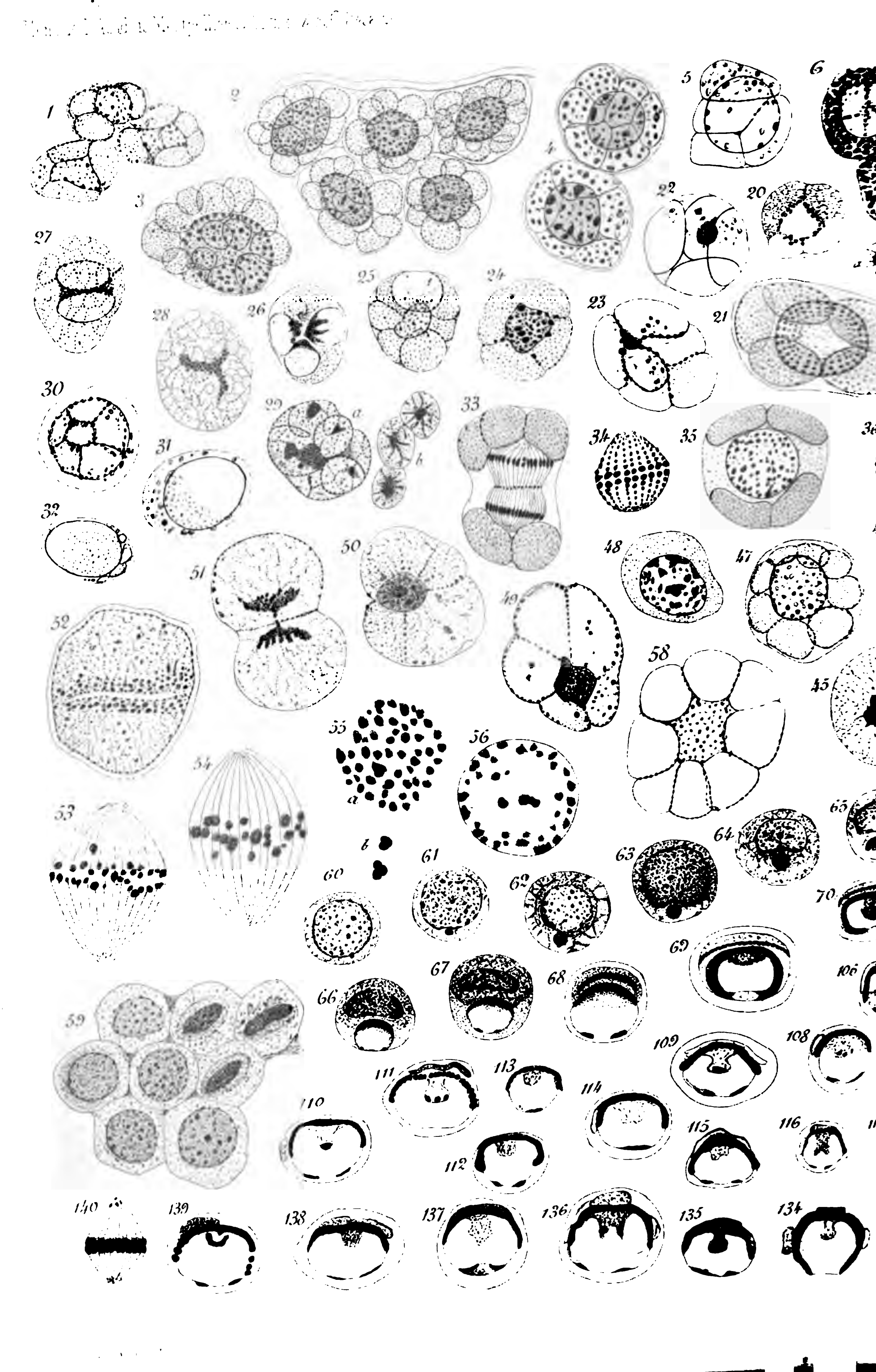

10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
25
26
28
29
30
31
33
34
27
35
41
43
38
39
40
53
42
61
54
45
44
55
60
46
58
57
56
47
59
49
48
50
65
66
64
63
51
69
68
67
62

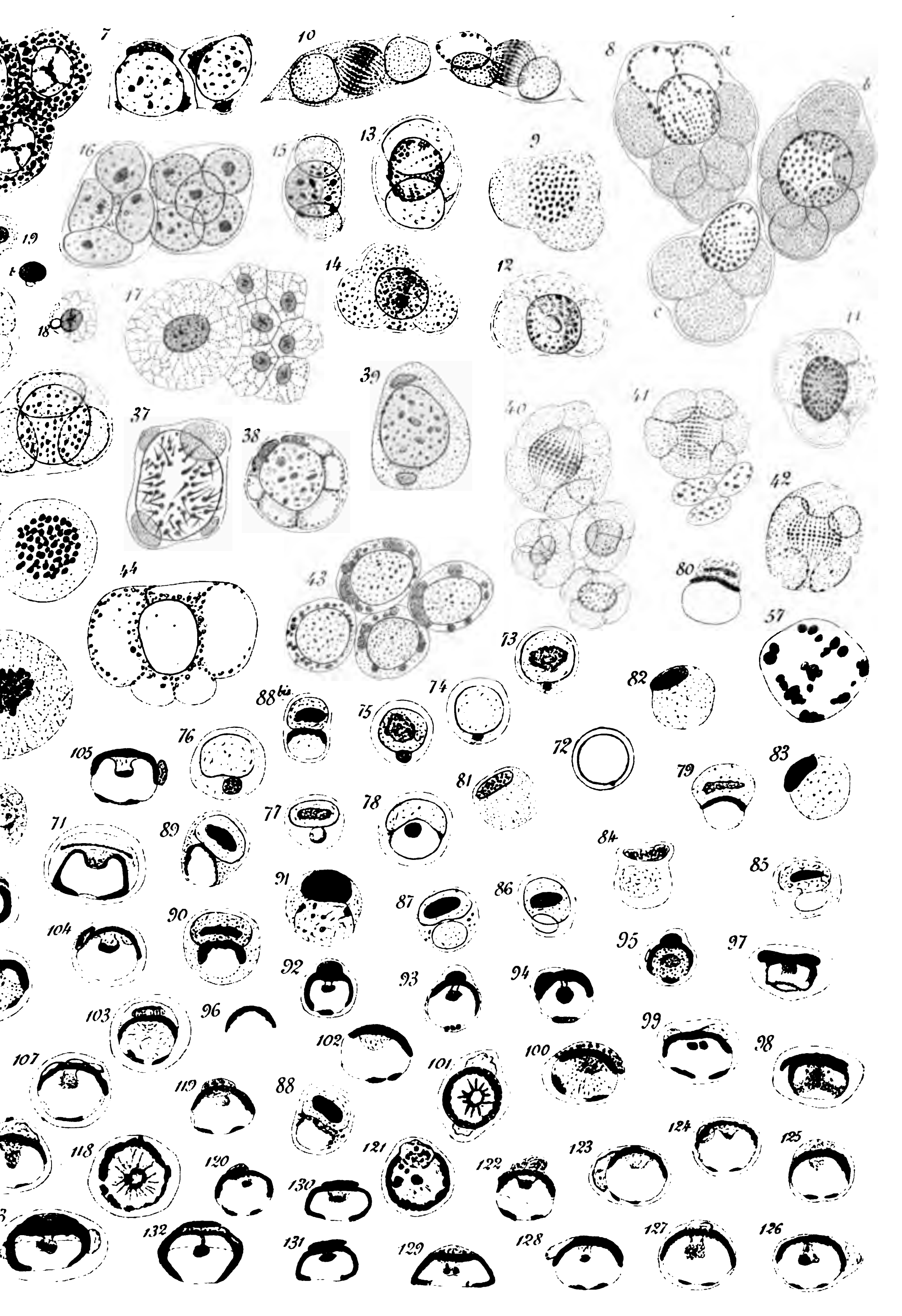


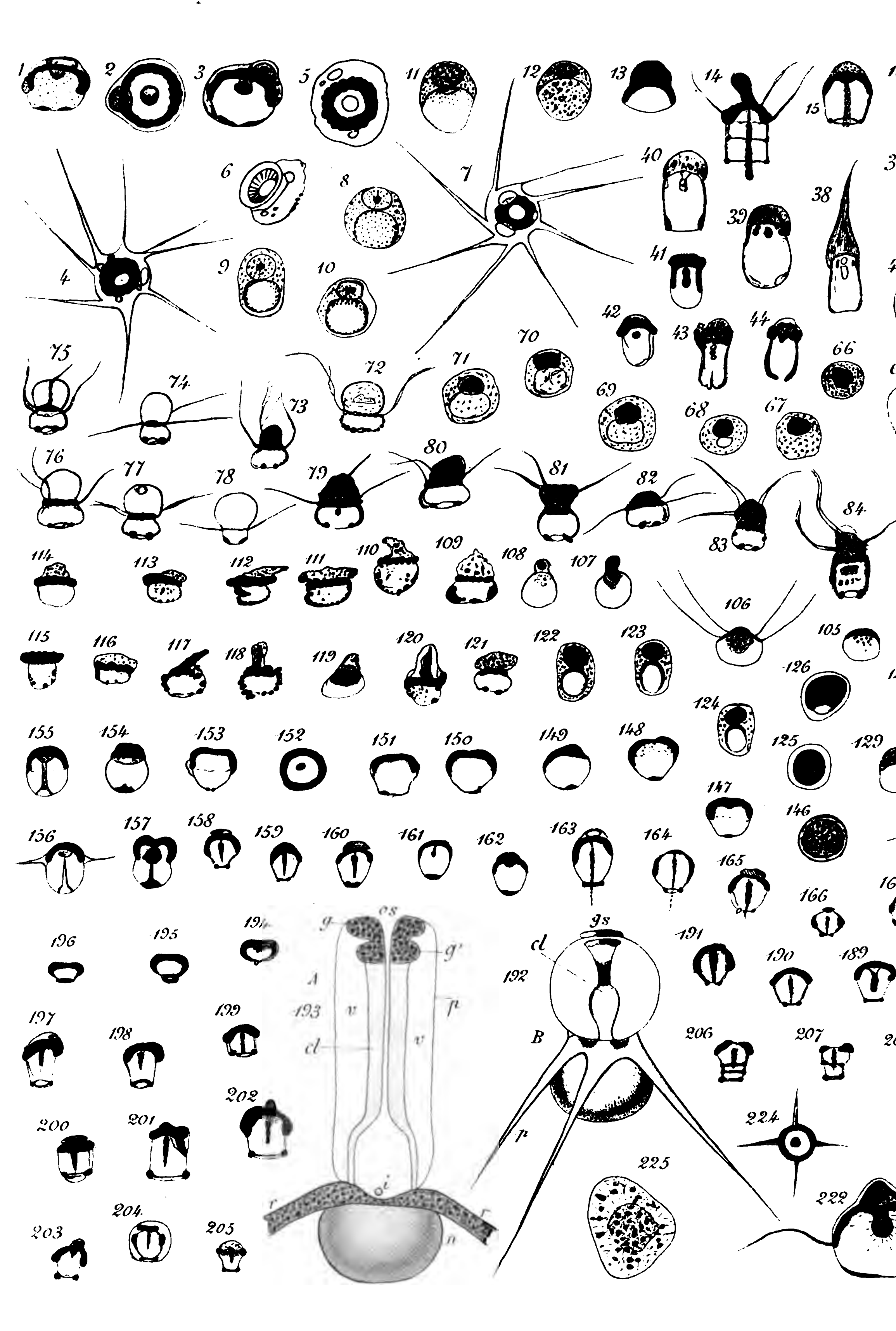
Sabatier del.



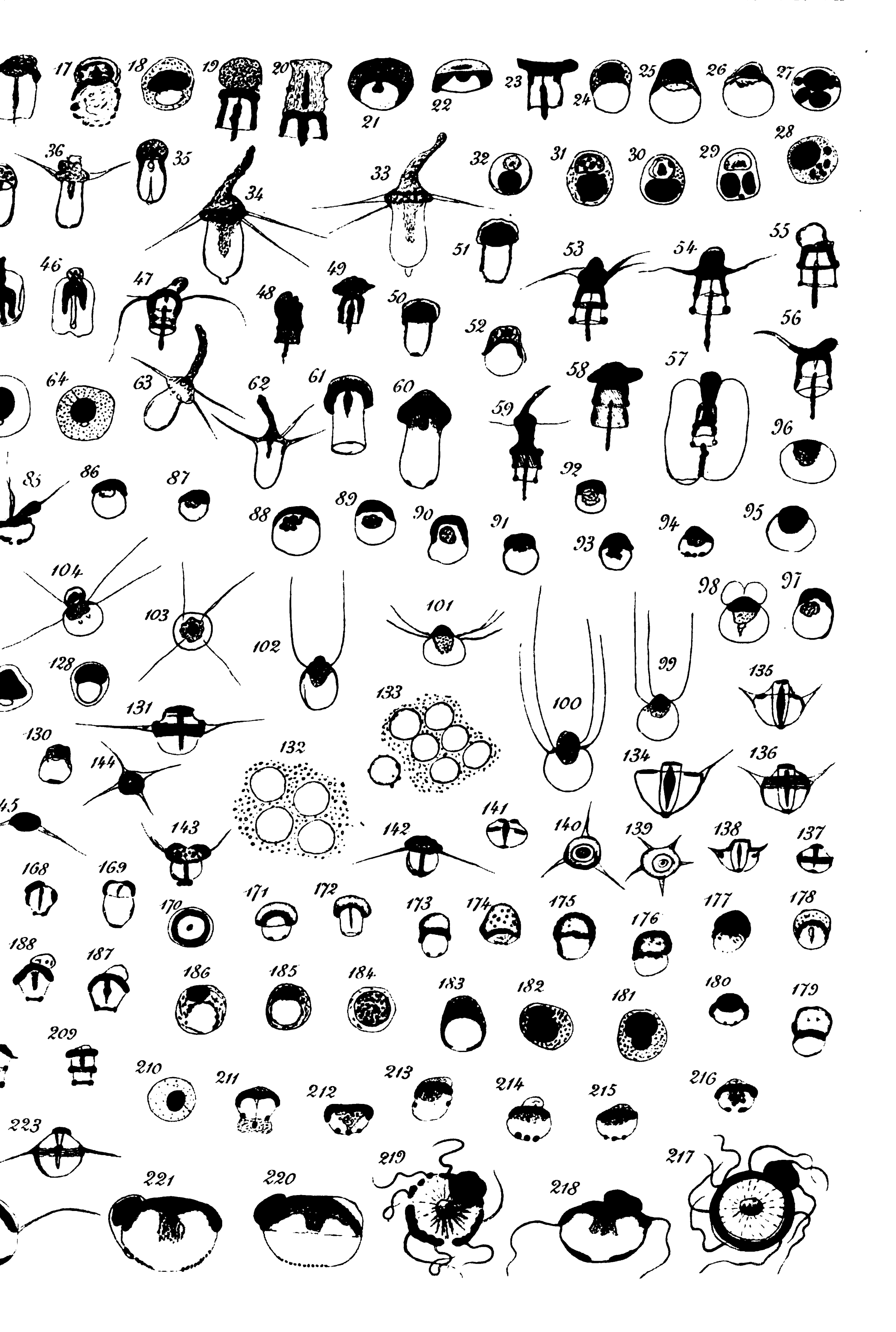
Lith. L. Combes Montpellier.



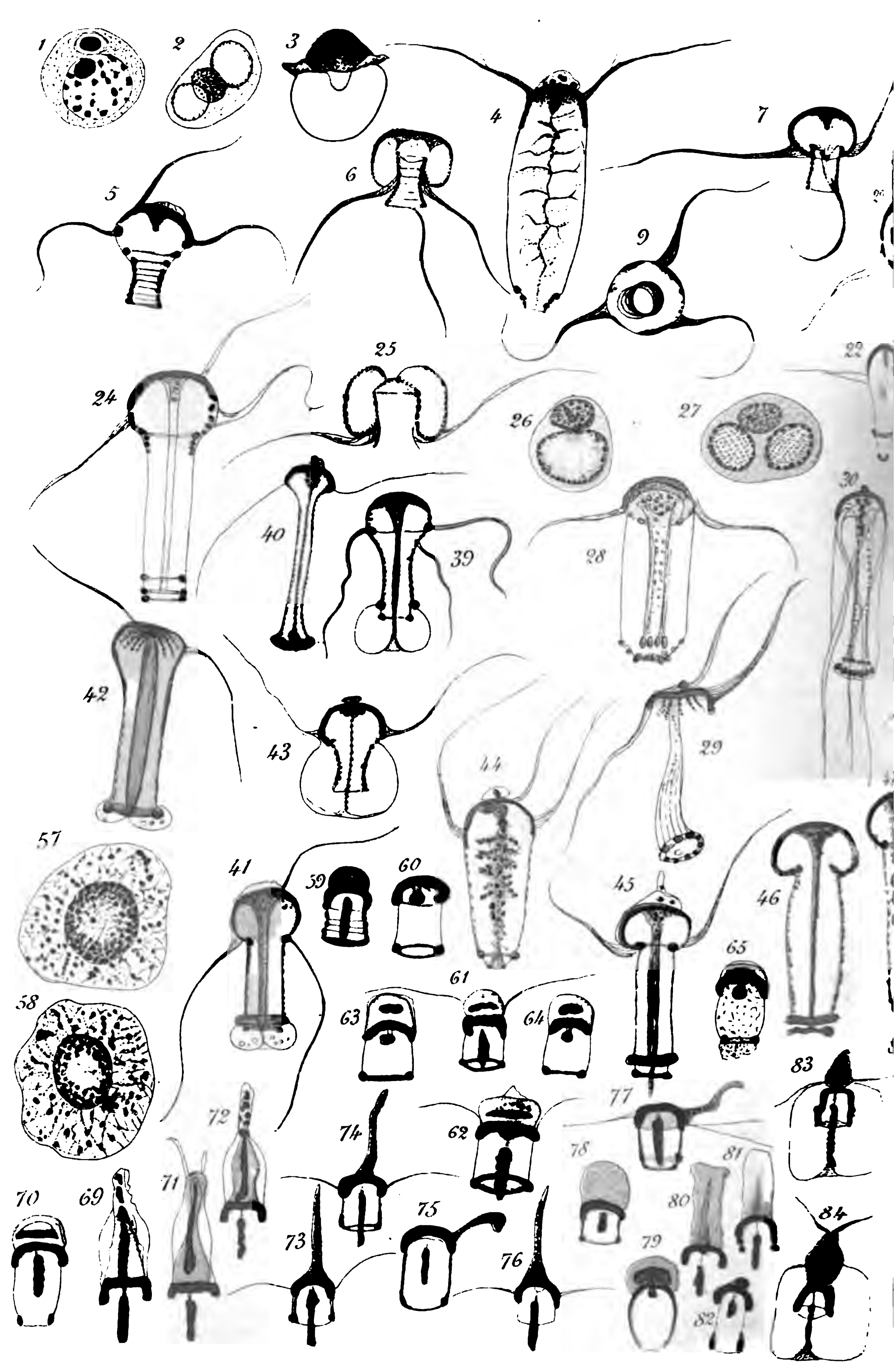

7
10
8
a
b
c
16
15
13
9
19
14
12
17
18
11
39
40
41
37
38
42
44
43
80
57
73
82
88 bis
75
74
72
105
76
81
79
83
71
89
77
78
84
85
91
87
86
104
90
95
97
92
93
94
103
96
99
98
102
100
107
119
88
101
124
118
120
121
122
123
125
130
132
131
129
128
127
126



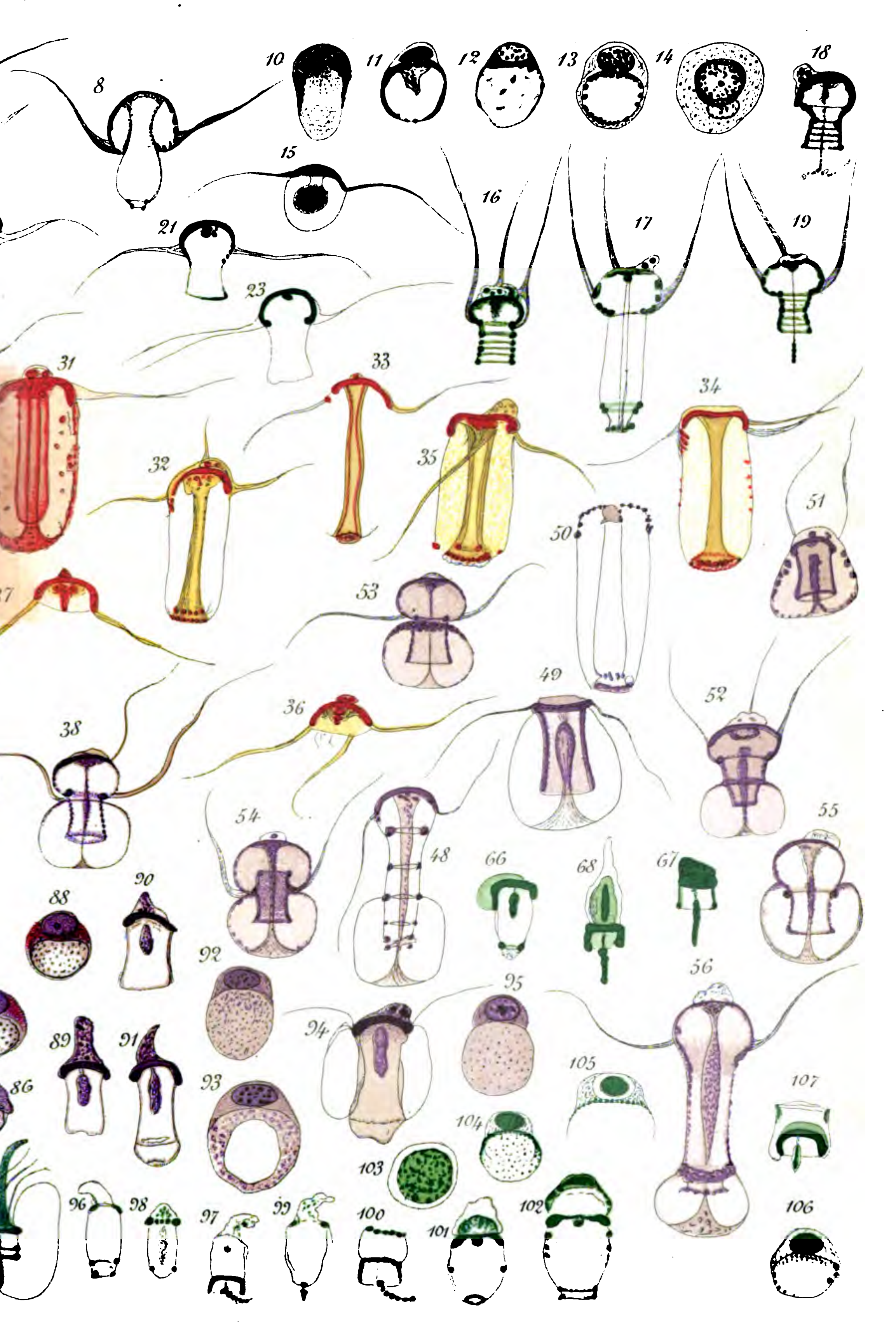
Sabatier del.



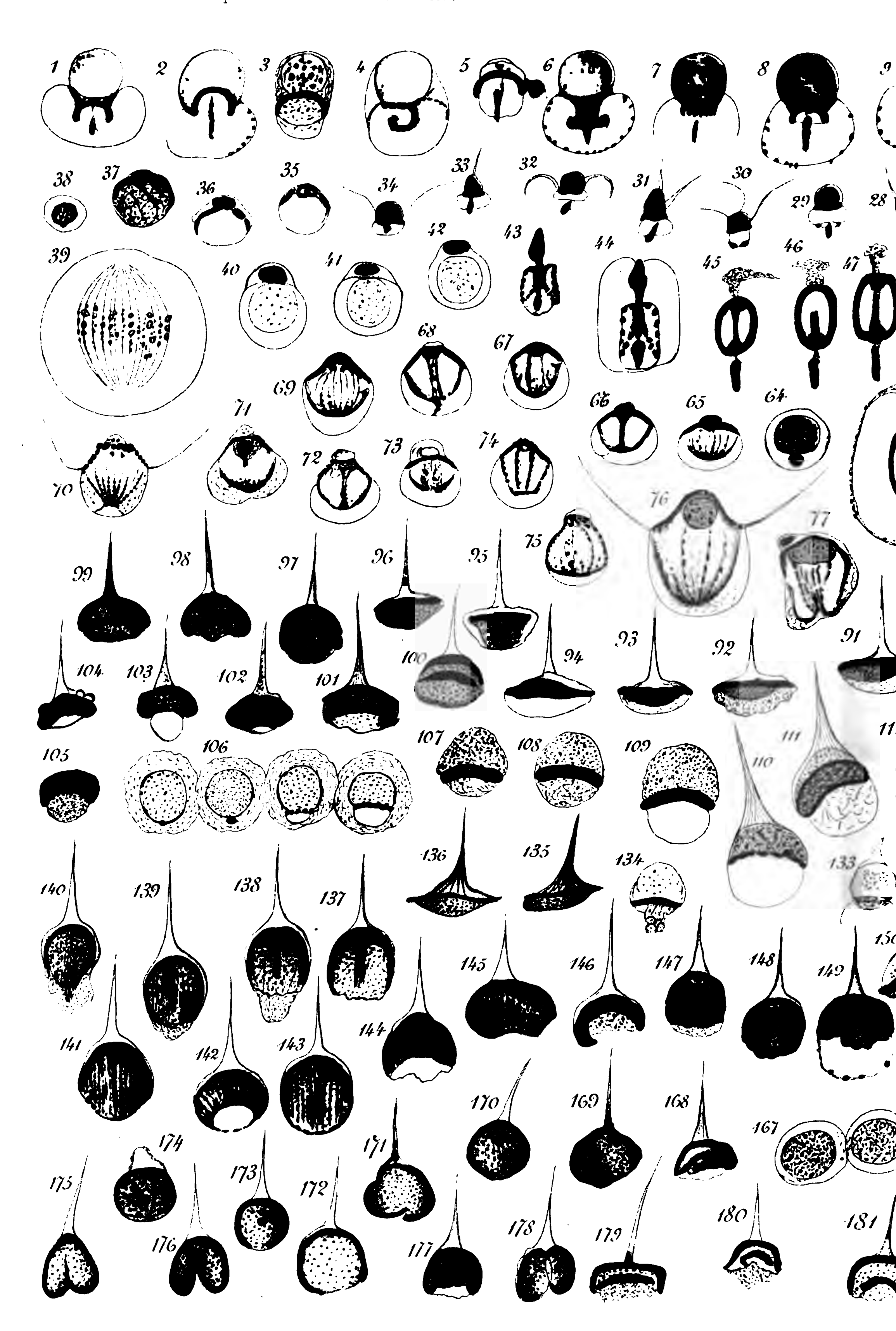
Lith. J. Carol — Montpellier

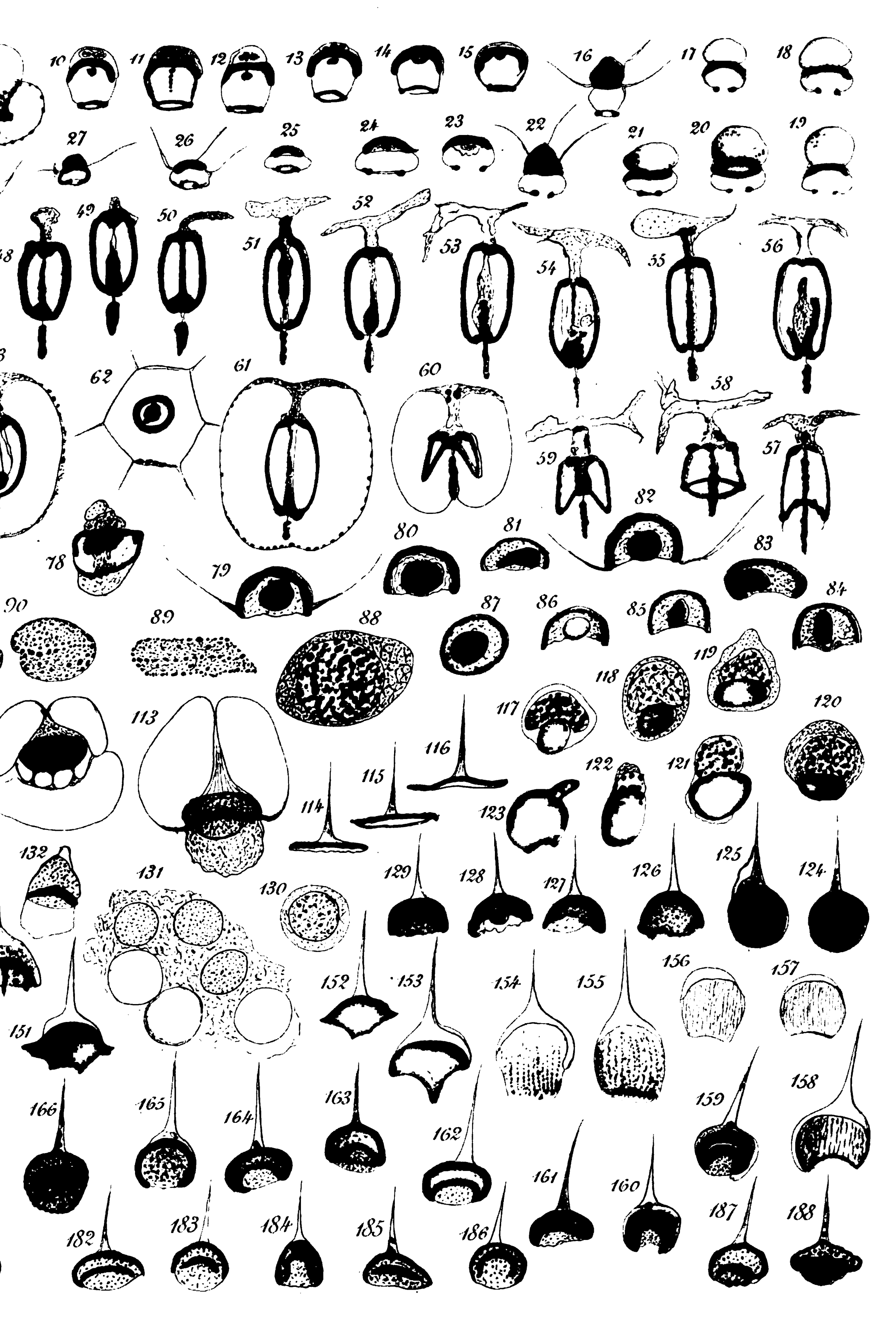


Sabatier del.

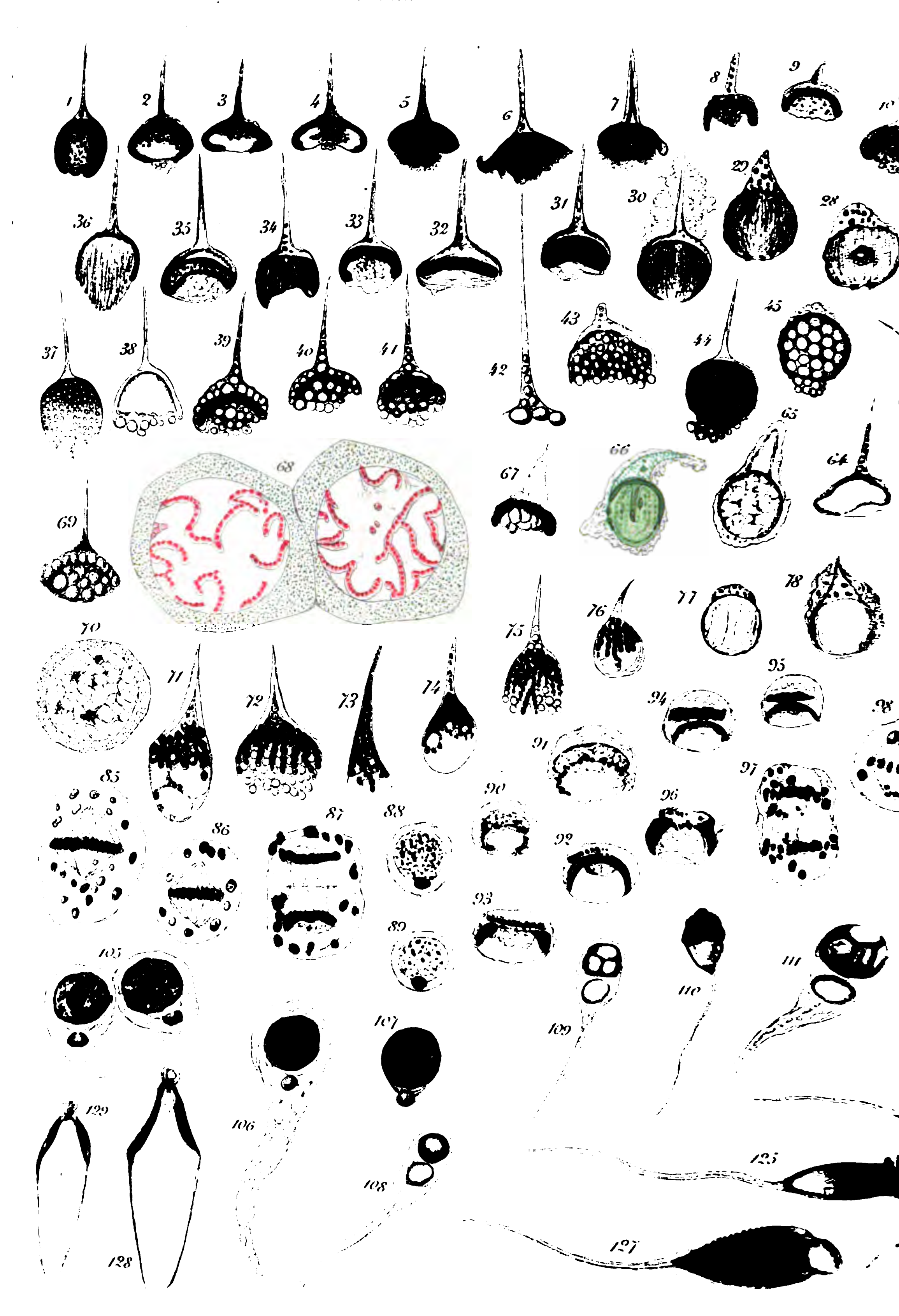


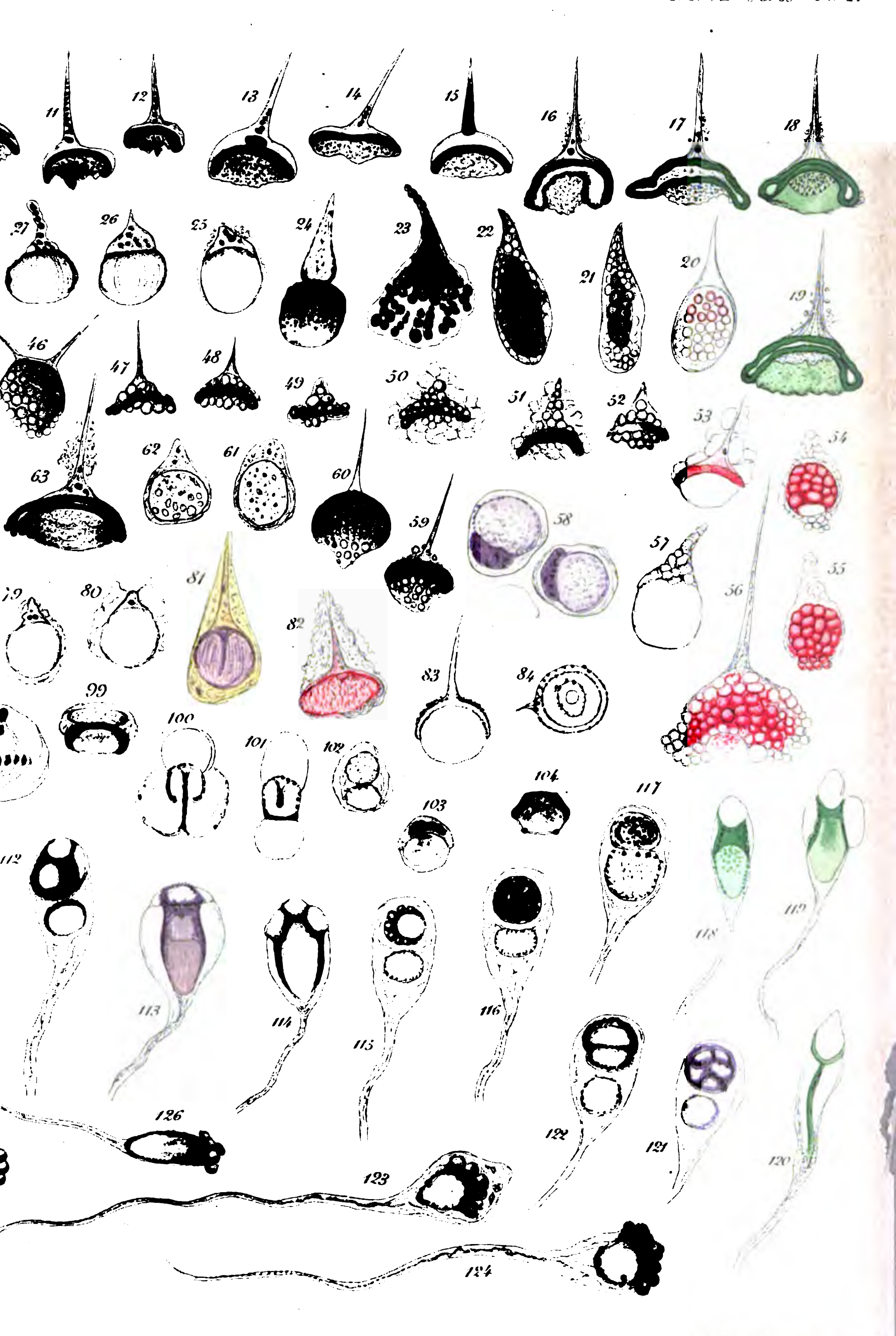
Lith. L. Combes Montpellier


1
2
3
4
5
6
7
8
9
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
39
40
41
42
43
44
45
46
47
68
67
69
66
65
64
71
70
72
73
74
76
75
77
99
98
97
96
95
100
94
93
92
91
104
103
102
101
105
106
107
108
109
110
111
136
135
134
133
140
139
138
137
145
146
147
148
149
141
142
143
144
170
169
168
167
174
173
172
171
175
176
177
178
179
180
181



Lith. L. Combes Montpellier


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
36
35
34
33
32
31
30
29
28
37
38
39
40
41
42
43
44
45
68
67
66
65
64
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
94
95
98
91
97
85
86
87
88
90
92
96
93
89
105
111
110
109
107
106
108
129
128
125
127


11
12
13
14
15
16
17
18
27
26
25
24
23
22
21
20
19
46
47
48
49
50
51
52
53
54
62
61
63
60
59
58
57
55
56
79
80
81
82
83
84
99
100
101
102
103
104
117
112
113
114
115
116
118
119
126
122
121
120
123
124

— 2 (1856).	P. Gervais (5), Ch. Martins (4), Marcel de Serres (5), E. Roche, Chancel, P. de Rouville, Legrand, Viard, Jeanjean, Marès...	8.50
— 3 (1857)	H. Marès, E. Roche, Marcel de Serres (3), Le Rique de Monchy (2), Viard, Lenthéric neveu, G. Chancel (2), Parès, P. Gervais (3).	8
	Tome IV (1858-1860)........................	23
Fascicule 1 (1858).	P. Gervais (2), Montrouzier, Chancel, Marcel de Serres, Berger, Le Rique de Monchy (2), Lenthéric, Reynès et de Rouville, Graff, E. Roche (2)........................	6
— 2 (1859).	P. Gervais (2), E. Roche, Lenthéric, Marcel de Serres (3), E. Rouché, Raynaud, Chancel, Diacon, Cazalis de Fondouce, Ch. Martins.	9
— 3 (1860).	Ch. Martins, P. Gervais (2), E. Roche (3), Désormeaux, Marcel de Serres (3], Cazalis de Fondouce, Lenthéric................	6
	Tome V (1861-1863)......................	23
Fascicule 1 (1861).	E. Roche (2), Diacon (2), Lenthéric, Moitessier, Martins, P. Gervais, Chancel...........	10
— 2 (1862).	Martins, E. Roche (2), Viala, Marcel de Serres (3), Berger, Gervais (3), Wolf et Diacon, Moitessier, Jeanjean...........	8
— 3 (1863).	P. Gervais (3), Martins (2), O. Bonnet, Béchamp, Roche (2). Moitessier........	5
	Tome VI (1864-1866)......................	23
Fascicule 1 (1864).	Berger, Roche, Diacon (2), Chancel (2), Gervais (3), Brinckmann, Loret, Moitessier.	(*épuisé*)
— 2 (1865).	Martins, Gervais (3), Roche (2), Chancel (2), Jeanjean (2), Diacon et Wolf...........	6
— 3 (1866).	Duclos, Chancel, Crova, Roche (2), Garlin. Moitessier, Martins (2), Lallemand, Loret.	6
	Tome VII (1867-1870)......................	23
Fascicule 1 (1867).	Roche (3), Martins (4), Collomb, Gervais Vaillant, Le Rique de [illegible], Diacon...	6
— 2 (1868).	Gervais, Vaillant, Le Riqu[illegible] Monchy, P. de Rouville, Lallemand (3), Diacon......	(*épuisé*)
— 3 (1869).	Duval-Jouve, Martins et Chancel, Combescure (2)............................	6
— 4 (1870).	Combescure, Duval-Jouve (2), Martins.....	4

Tome VIII (1872-1875)...................... 23

Fascicule 1 (1872). Martins (2), Duval-Jouve (2), Crova, Munier, Boussinesq........... 6

— 2 (1873). Crova, Cazalis de Fondouce, Duval-Jouve, Roche (2), Martins, Munier............ 6

— 3 (1874). Duval-Jouve, Sabatier.................. 6

— 4 (1875). Lenthéric............................ 5

Tome IX (1876-1879)....... 23

Fascicule 1 (1876)..... Crova, Duval-Jouve, Martins......... 6.50

— 2 (1877-1878) Roche (2), Guinard, Crova (2), Duval-Jouve, Martins, Sabatier........... 7.50

— 3 (1879)..... Sabatier........... 9

Tome X (1880-1884)........................ 23

Fascicule 1 (1880-1881) Courchet, Cazalis de Fondouce, Crova (2), Roche........... .... 7.50

— 2 (1882)..... Roche (2), Crova (2), Sabatier........ 7.50

— 3 (1883-1884) Combescure, Crova (5), Sabatier, Pauchon, T[illegible]seraud, Garbe........... 6

Tome XI (1885-1892)...................... 15

Fascicule 1 (1885-1886) Houdaille (3), Combescure (2), Crova (3), Dautheville, Brocard (2), de Rouville. 6

— 2 (1887-1890) Crova (4), de Forcrand, Fabry....... 4.50

— 3 (1890-1892) Flahault......................... 4.50

ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES

DE LA SECTION DES SCIENCES

SUR

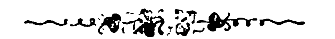
DE NOUVELLES FRANGES D'INTERFÉRENCES

RIGOUREUSEMENT ACHROMATIQUES

Par M. Georges MESLIN

2e SÉRIE. — TOME PREMIER.

No 2.



MONTPELLIER

CHARLES BOEHM, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE, RUE D'ALGER, 10

1893

PRIX DES MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

1re série, in-4°, de 1847 à 1892

La collection complète des trois Sections..........	26 vol.	Fr. 540
La collection de la section de Médecine...........	6 —	106
La collection de la section des Sciences...........	11 —	251
La collection de la section des Lettres............	9 —	183

SECTION DES SCIENCES

Tome I (1847-1850).................. Fr. 25

Fascicule 1 (1847). Dunal, Marié-Davy (3), Gergonne, Marcel de Serres, Rafeneau-Delile, Gerhardt, P. Gervais............................ 4

— 2 (1848). Peytal (2), Roche, Marcel de Serres (2), O. Bonnet, Chancel, Dunal (3), de Girard, P. Gervais......................... 10

— 3 (1849). P. Gervais (2), Marcel de Serres, Marié-Davy, Roche, Chancel, de Girard, Lenthéric.... 5

— 4 (1850). Marié-Davy, Roche, Marcel de Serres, P. Gervais (3), Lenthéric, Peytal, Chancel.. 6

Tome II (1851-1854)...................... 25

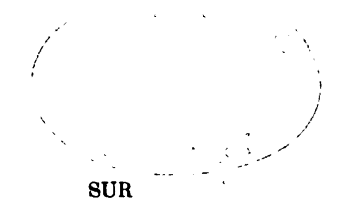
Fascicule 1 (1851)..... Lenthéric, Roche, Marcel de Serres, de Rouville, P. Gervais (2), Dunal. 5

— 2 (1852-1853) Lenthéric, Lenthéric neveu (2), Roche (3), Marcel de Serres (2), Marié-Davy (2), A. Godron, P. Gervais (2), Sallières, Courty.......................... 7.50

— 3 (1854)..... Marcel de Serres (2), Ch. Martins (2), Roche, Marié-Davy, Lenthéric neveu, H. Faure.......................(*épuisé*)

Tome III (1855-1857)..................... 25

Fascicule 1 (1855). Parès, Marcel de Serres, Charles Martins, E. Roche......................... 8.50



SUR

DE NOUVELLES FRANGES D'INTERFÉRENCES

RIGOUREUSEMENT ACHROMATIQUES

Par M. Georges MESLIN

PREMIÈRE PARTIE.

En continuant mes études sur les franges d'interférences circulaires [1], j'ai été amené à recevoir sur un réseau circulaire à traits équidistants un faisceau lumineux provenant d'un trou très petit (deux fentes en croix) éclairé par le soleil ; il se produit des jeux de lumière et des colorations variables avec le réglage de l'appareil ; mais si les rayons tombent sur la partie centrale et si on examine avec une loupe de grand champ dans le faisceau lumineux, on observe des anneaux concentriques équidistants ***absolument achromatiques***, c'est-à-dire alternativement blancs et noirs et dont la netteté ne diminue pas lorsqu'on considère des cercles de plus en plus éloignés du centre ; au contraire, les anneaux centraux présentent des déformations, des espèces de torsades dont nous verrons plus loin l'explication ; toutefois, ces irrégularités se limitent aux cinq ou six premiers cercles.

Pour apercevoir facilement le phénomène, il est bon de mettre le réseau à une dizaine de centimètres ***au plus*** de l'ouverture et de placer l'oculaire à $1^{m},50$; les anneaux peuvent alors être vus facilement à la loupe ; mais il faut pour cela disposer d'un réseau étendu ; celui que j'ai employé était au 1/50 et couvrait 18 millimètres.

Si le réseau était moins étendu, on ne verrait rien à cette dis-

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, nos du 6 février, 20 février, 13 mars 1893.

tance et il faudrait se rapprocher; si, pour cette raison ou pour une autre, on veut observer plus près, les anneaux sont plus petits ; à 50 centim. on peut les voir encore à la loupe, lorsqu'on les a déjà vus; ils sont très fins et l'aspect général est alors fort élégant; si on veut observer encore plus près, on doit employer le microscope. On peut voir un nombre considérable d'anneaux ; j'en ai compté plus de 360; les derniers étaient aussi nets que les premiers, c'est l'éclairement seul qui finissait par faire défaut.

Ces franges s'élargissent lorsqu'on observe à une plus grande distance ou lorsqu'on rapproche le réseau de la source ; ces deux variations, jointes à ce fait que les anneaux sont blancs et noirs, permettent de dire que l'aspect général est le même que si on observait l'*ombre* des traits portée par le point lumineux.

Mais ce n'est là, bien entendu, qu'une façon de s'exprimer pour résumer le sens général du phénomène ; car, outre que ce ne pourrait être une explication, j'ai constaté :

1° Qu'en comptant les anneaux sur une longueur connue (sur un micromètre), on en compte *exactement deux fois plus* qu'il y a de cercles dans la région du réseau qui se projette sur ce même espace ;

2° En couvrant la partie centrale du réseau avec un petit disque de 2 ou 3 millim. de diamètre, les anneaux centraux ne disparaissent pas ;

3° En limitant la portion utile du réseau par des diaphragmes circulaires de moins en moins larges, on reconnaît qu'à un moment les franges disparaissent, bien qu'alors le réseau soit libre sur une étendue de presque 1 centim.;

4° Le diaphragme qui fait disparaître le phénomène a une ouverture d'autant plus grande qu'on observe à une plus grande distance ;

5° *La disparition des franges se produit exactement lorsque l'œil de l'observateur, placé au point où l'on vise, ne voit plus le premier cercle coloré de diffraction qui entoure le trou lumineux.*

Cette remarque est de la plus haute importance, car, jointe à la

deuxième observation, elle permet de trouver la cause du phénomène et de l'attribuer à l'interférence des rayons provenant de ce premier cercle de diffraction.

Telle est la théorie que nous allons développer : soit S le point lumineux (Pl. XI, fig. 1), O le centre du réseau placé perpendiculairement à SO ; considérons ce qui se passe dans un plan passant par SO et que nous prendrons comme plan du tableau.

Un faisceau conique très délié, émané du point S et tombant sur le réseau à peu près normalement, se diffracte à droite et à gauche sur chaque élément du réseau en formant des ondes paragéniques[1] ; considérons en particulier la première onde diffractée de part et d'autre ; les rayons qui lui correspondent se comportent après leur diffraction *comme s'ils émanaient* des deux points S_1 et S_2, (S_1 étant l'image de diffraction du point S) ; en particulier si on se trouve dans le cas du minimum de déviation, c'est-à-dire si au lieu d'avoir un faisceau tombant normalement, les faisceaux incidents et diffractés sont également inclinés sur le réseau, le point S_1 (Pl. XI, fig. 2) est à la même distance du réseau que le point S ; toutefois, comme ici avec ce réseau au 1/50 la déviation du premier diffracté est très faible, on peut admettre qu'on a les mêmes propriétés que dans la position de minimum de déviation ; nous supposerons donc que S_1 et S_2 sont à la même distance du réseau ou des différents points du réseau que le point S lui-même.

Soit alors (Pl. XI, fig. 3) un point M situé à une distance y en arrière de S, la lumière qui lui arrive *peut* être considérée comme provenant des deux points S_1 et S_2 centre des ondes diffractées et tout particulièrement suivant les deux droites S_1M et de S_2M ; on peut dire que la lumière qui arrive en M est celle qui a été diffractée au voisinage des deux points s_1 et s_2.

Ces deux sources provenant d'une source unique interféreront, et la frange d'ordre K sera à une distance x de la droite SO donnée par la formule connue :

$$x = K \frac{\lambda}{2} \frac{y}{2c}, \quad \text{où} \quad c = SS_1$$

[1] Mascart ; *Optique*, tom. I, pag. 366 et 368.

la distance de 2 franges s'obtient en faisant $K = 2$, elle est :

$$\varepsilon = \lambda \frac{y}{2c}.$$

Tout ce calcul est relatif à une radiation déterminée, mais si on considère une autre radiation, les points S_1 et S_2 ne sont plus les mêmes, puisque, en lumière blanche, on a deux spectres complets de part et d'autre de S ; autrement dit, c est une fonction de λ ;

on a : $c = d \operatorname{tg}\delta$ ou $d \sin\delta$

or $\sin\delta = n\lambda$,

d étant la distance du réseau au point lumineux ou, plus exactement, la distance à l'image diffractée. δ est la déviation pour le diffracté du premier ordre et n le nombre de traits du réseau par millimètre ; on a finalement $c = dn\lambda$,

et on trouve pour la distance de deux franges consécutives

$$\varepsilon = \lambda \frac{y}{2nd\lambda} = \frac{y}{2dn} \qquad (1)$$

elle est indépendante de λ, l'*achromatisme est absolu*[1], toutes les couleurs formant leurs franges aux mêmes points. Cherchons maintenant la distance ε' des *ombres* de deux traits consécutifs, cette distance vraie est $\frac{1}{n}$; cette grandeur, étant reportée à la distance y au lieu de d, sera multipliée par le rapport $\frac{y}{d}$;

on a donc : $$\varepsilon' = \frac{y}{nd}. \qquad (2)$$

La comparaison des équations (1) et (2) justifie précisément les remarques faites plus haut. La grandeur ε doit varier comme l'*ombre* ε', mais elle est deux fois plus petite.

Nous avons considéré seulement ce qui se passe dans un plan

[1] Lord Rayleigh a obtenu des franges achromatiques dont la théorie est à peu près la même, mais avec un dispositif beaucoup plus compliqué ; il faisait interférer les rayons provenant d'un spectre de diffraction de premier ordre avec ceux provenant de la réflexion de ce même spectre sur un miroir (dispositif de Lloyd) ; il se servait d'un réseau avec des écrans convenables pour arrêter les autres rayons diffractés (*Philosophical Magazine*, août et septembre 1889, Macé de Lepinay et Perot *Journ. de Physique*, 1890, pag. 376).

passant par l'axe ; or, les phénomèmes produits en un point M doivent provenir seulement des rayons contenus dans le plan passant par M et par OC (ou contenu entre des plans s'écartant de celui-ci d'un angle inférieur à une certaine limite), puisque c'est là le plan de diffraction ; il en sera de même dans tous les plans passant par l'axe, et on aura des franges circulaires.

Si le point M est en dehors de l'axe, l'action produite en M provient de deux petites régions s_1 et s_2 diamétralement opposées.

Si au contraire le point est sur l'axe, la construction indiquée semble aboutir à une indétermination, c'est-à-dire que tous les plans passant par l'axe sont des plans de diffraction, et l'action produite au point N provient des rayons qui se sont diffractés sur toute une zone circulaire du réseau; les irrégularités qui existent sur cette zone entière influent donc sur l'apparence présentée au centre ; il en est de même au voisinage du centre pour les points qui recevront l'action d'une plus grande fraction de zone, comme on peut s'en assurer en déplaçant l'œil dans le champ. C'est là la cause des déformations qui existent dans la partie centrale et dont nous avons parlé précédemment.

Enfin, pour que l'interférence en M se produise il faut que les deux régions s_1 et s_2 ne soient pas masquées ; les franges ne seront donc visibles qu'à l'intérieur d'un cône qui s'appuie d'un côté sur le cercle de diffraction $S_1 S_2$ et d'autre part sur le cercle qui limite l'ouverture utilisée du réseau.

Si le premier cercle est plus petit que le second, les franges sont visibles à toute distance dans un espace d'autant plus étendu qu'on s'éloigne de la source ; on pourra toujours se placer dans ce cas en prenant un réseau à traits suffisamment espacés et à surface assez étendue.

Si le premier cercle est plus grand que le second, le sommet du cône se trouve en arrière et limite la distance à laquelle il faut se placer.

Si les deux cercles sont égaux, on peut observer à toutes distances, mais les franges se peignent sur une surface de grandeur constante et leur nombre diminue lorsqu'on s'éloigne.

Soit z la distance limite, on a (Pl. XI, fig. 1) :

$$\frac{z}{z-d} = \frac{c}{\rho} \qquad z = d\,\frac{c}{c-\rho}$$

ou

$$z - d = \frac{d\,\rho}{c-\rho} = \frac{d.\rho}{dn\lambda - \rho}$$

ρ étant le rayon de la partie utilisée du réseau ; cette expression montre en effet que $z - d$ croît lorsque d diminue, lorsque n diminue, et lorsque ρ augmente.

En plaçant, comme je l'avais fait, le réseau à 12 centim. du trou, il suffit que le diamètre de la partie utilisée soit de $7^{mm},2$ environ; le mien avait 18 millim. de diamètre ; c'est ce qui rendait l'observation possible à toute distance ; en diaphragmant, on était obligé de se rapprocher pour apercevoir les franges. On peut facilement calculer le nombre absolu N de franges visibles ; soit y la position de l'observateur ; on a, en appelant x' le rayon du champ (Pl. XI, fig. 4) :

$$\frac{x'}{c} = \frac{z-y}{z}$$

d'où :

$$x' = \frac{\dfrac{d^2n\lambda}{dn\lambda - \rho} - y}{\dfrac{d^2n\lambda}{dn\lambda - \rho}}\,d.n.\lambda$$

en divisant par la distance de 2 franges $\frac{y}{2dn}$ on a pour le nombre N de franges observables :

$$N = \frac{\dfrac{d^2n\lambda}{d\lambda - \rho} - y}{\dfrac{d^2n\lambda}{dn\lambda - \rho}\,y} \times 2n^2d^2\lambda = \frac{d^2n\lambda - y\,(dn\lambda - \rho)}{y}\,2n\lambda$$

qui s'annule pour $y = z$.

En résumé, il y a avantage à prendre des réseaux à traits assez espacés ; ceux au cinquantième conviennent très bien pourvu qu'ils aient une étendue d'au moins 1 centim. en diamètre ; encore est-il bon qu'ils soient plus larges, sans quoi on est obligé de se rapprocher et de prendre alors un microscope au lieu d'une loupe à cause de la finesse des franges.

La théorie précédente peut s'appliquer au cas des réseaux rectilignes, et elle permet de prévoir la production de franges rectilignes achromatiques que j'ai cherchées en me servant de semblables réseaux ; c'est ce qui m'a amené à vérifier la nécessité de la condition précédente ; j'ai cherché longtemps à la loupe sans les trouver et ce n'est qu'en me servant d'un microscope et en me plaçant à quelques centimètres du réseau que j'ai pu les voir; cette circonstance qui explique pourquoi ce phénomène n'a pas été observé fréquemment, du moins à ma connaissance, provient de l'insuffisance de largeur des réseaux : le mien n'avait qu'un demi-centimètre d'ouverture, ce qui diminuait considérablement la limite du champ.

Mais, dans ce cas, on peut remplacer le point S par une fente lumineuse parallèle aux traits, ce qui permet d'avoir plus d'intensité: il faut, il est vrai, un réglage de parallélisme, mais en revanche on obtient un phénomène d'une remarquable régularité, le champ est sillonné de raies brillantes et sombres égales, sans coloration, comme si on visait un treillage très régulier (Pl. XI, fig. 5).

Le phénomène est facile à voir avec des réseaux au cinquantième ; il est au contraire très difficile à observer avec des réseaux au centième; ce n'est qu'en visant avec un microscope très grossissant (objectif n° 6) tout contre le plan du réseau que j'ai aperçu le phénomène et encore est-il compliqué de colorations sur lesquelles nous reviendrons dans la Deuxième Partie.

Avec un réseau au vingt-cinquième, les franges sont visibles, mais les colorations dont on vient de parler se manifestent presque à toutes distances ; nous en étudierons la cause ; au contraire, avec les réseaux au cinquantième, placés à quelques centimètres de la fente on a des franges achromatiques très larges ou très serrées ; j'en ai mesuré dont la largeur n'était que de ***un centième de millimètre***, on voit que le microscope était indispensable.

Voici enfin les mesures que j'ai faites tant sur les franges rectilignes que sur les franges circulaires pour vérifier les formules établies plus haut. Leur dimension a été mesurée par deux procédés différents. Lorsqu'elles étaient larges, on les visait avec une loupe

munie d'un micromètre (c'était un oculaire micrométrique de microscope dont on avait enlevé la première lentille). Lorsqu'elles étaient fines, on les visait au microscope ; on mettait d'abord au point un micromètre-objectif placé sur la platine et, en se servant de l'oculaire micrométrique, on voyait ainsi la grandeur qui, prise sur la platine, recouvrait le micromètre oculaire ; on visait alors les franges sans changer le tirage et on comptait le nombre de celles qui recouvraient ce même micromètre, ce qui donnait de suite la dimension des franges localisées dans le plan de l'ouverture de la platine.

	DISTANCE de la source au réseau ou d	DISTANCE des franges au réseau	y	NOMBRE de franges dans 99/100 de mm.	ε obs.	ε calc.
	c	c	c		mm	mm
Franges rectilignes	9	2.5	11.5	78	0.0129	0.0127
	»	11.3	20.3	44	0.0229	0.0225
	»	24	33	27	0.0373	0.0366
	»	34.2	43.2	21	0.0481	0.0480
Franges circulaires	12	12	24	51	0.0197	0.0200
	»	20	32	·38	0.0265	0.0265
	»	88	100	60 1/2 [1]	0.0825	0.0830
	»	188	200	30 [1]	0.1666	0.1666

La dernière colonne contient les valeurs de ε calculées par la formule :

$$\varepsilon = \frac{y}{2dn}.$$

Les différences ne portent que sur la 4e décimale, c'est-à-dire sur les dix-millièmes de millimètre : les mesures concordent donc très exactement avec la théorie précédente.

[1] Ces deux nombres obtenus par le premier procédé indiquent le nombre de franges contenues dans les 5mm du micromètre oculaire.

DEUXIÈME PARTIE.

Les franges que l'on vient d'étudier sont achromatiques, c'est-à-dire alternativement blanches et noires (Pl. XI, fig. 5) ; or, si l'on continue à les observer de plus en plus près du réseau, elles deviennent de plus en plus fines, mais à un certain moment on voit apparaître des colorations distribuées de la façon suivante : les franges noires continuent à rester sombres, mais, sur deux franges brillantes consécutives, l'une d'elles s'illumine en violet, tandis que l'autre se colore en jaune; le même phénomène se produit dans tout le champ qui se trouve alors couvert de ces deux couleurs alternées ; la périodicité existe encore, mais il faut traverser deux franges noires pour retrouver la répétition des mêmes apparences. Si on approche encore plus près, ces couleurs changent, les deux couleurs alternées sont le rose et le vert, l'un des intervalles semble même un peu plus petit que l'autre ; en avançant lentement le microscope on observe une grande variété de couleurs, mais celles qu'on remarque le plus généralement sont le violet mauve associé au jaune, le vert associé au rose ou encore le bleu à côté du blanc jaunâtre (Pl. XII, fig. I, III et IV) ; les deux couleurs juxtaposées sont donc à peu près complémentaires et pendant ce déplacement on retrouve à plusieurs reprises les mêmes apparences.

Ces phénomènes s'observent facilement avec un réseau au cinquantième placé à 6 ou 7 centimètres au plus de la fente et en visant avec un bon microscope (objectif Nachet n° 3 ou n° 5) à quelques centimètres en arrière ; au moment où les couleurs apparaissent, le champ présente exactement l'aspect d'une étoffe à rayures et à intervalles coloriés.

Lorsque la distance devient encore plus faible, les apparences deviennent plus complexes : les franges noires deviennent très fines, l'intervalle de deux d'entre elles se resserre tandis que l'intervalle voisin s'élargit (Pl. XII, fig. V) et, si on emploie un grossissement suffisant, ces intervalles se subdivisent en bandes colorées ; ainsi l'axe de l'intervalle large s'illumine en bleu, en rose ou en

jaune (Pl. XII, fig. VI à X), il naît même de part et d'autre des lignes sombres très fines (Pl. XII, fig. XI et XII), mais dans tous les cas le phénomène est périodique et la période comprend toujours deux intervalles, un large et un étroit; enfin il y a toujours symétrie non par rapport aux franges noires, mais par rapport à la ligne brillante qui est entre deux franges noires et au milieu d'elles.

Si on continue à approcher, les colorations deviennent moins vives jusqu'au moment où on vise le réseau lui même, qui apparaît sous la forme de bandes brillantes et sombres.

Enfin, en continuant à avancer le microscope, c'est-à-dire en visant entre la fente et le réseau on retrouve des colorations par suite d'un phénomène de diffraction antérieure à l'écran; il se rattache aux phénomènes postérieurs à l'écran, comme l'a montré dans d'autres cas M. Macé de Lépinay[1].

En résumé, en se bornant à ce qui existe en arrière du réseau, on voit qu'il y a quatre phases: la première avec franges achromatiques, la deuxième avec colorations simples (fig. I à V), la troisième avec colorations complexes (fig. VI à XII), enfin une quatrième, achromatique comme la première.

J'ai réuni dans la planche XII tirée en couleur quelques-unes des apparences observées, bien qu'il soit impossible de rendre la vivacité de certains aspects; voici en outre la suite des colorations que j'ai notées :

1	Vert jaune Violet mauve.	(Pl. XII, fig. I).
2	Bleu Jaune rosé.	(Pl. XII fig. II).
3	Vert Rose.	(Pl. XII fig. III).
4	Bleu Jaune blanc.	(Pl. XII, fig. IV).
5	Vert Rose.	
6	Bleu Blanc.	

[1] *Journ. de Physique*, 1882, pag 368.

7	Bleuâtre			
	Rose (?).			
8	Bleu			
	Blanc.			
9	Bleu			
	Rose (?).			
10	Bleu			
	Blanc.			
11	Rose violacé (?)			
	Jaune. Les deux intervalles sont inégaux (Pl. XII, fig. V et VI).			
12	Bleu		*id.*	(Pl. XII, fig. VII),
	Rose.			
13	Petit intervalle jaune			(Pl XII, fig. VIII).
	Grand intervalle vert avec axe rose.			
14	Petit intervalle bleu			(Pl. XII, fig. IX).
	Grand	—	rouge.	
15	Petit	—	bleuâtre	(Pl. XII, fig. X).
	Grand	—	jaune avec axe rouge, bordé de deux autres franges noires très fines.	
16	Petit	—	blanc	(Pl. XII, fig. XI).
	Grand	—	bleu avec axe rose	*id.*
17	Petit	—	bleu	(Pl. XII, fig. XII).
	Grand	—	vert avec axe rouge briq.	*id.*

Lorsqu'on prolonge ces observations, l'œil éprouve une fatigue qui le rend impropre à bien évaluer les nuances : je craignais qu'il n'en résultât quelque erreur au sujet des intervalles égaux ou inégaux ; aussi j'ai cherché à obtenir des photographies de façon à avoir un document certain, qu'on puisse ensuite étudier à loisir.

J'ai exécuté ces photographies en transformant l'oculaire du microscope en chambre noire ; on y introduisait une petite plaque sensible de 1 centim. de côté qui venait s'appuyer contre l'ouverture du diaphragme, ces lames étaient obtenues en coupant au diamant de grandes plaques ; l'oculaire était fermé en arrière par un verre rouge collé contre la lentille ; c'est en vissant ou en dévissant cette lentille qu'on mettait ou qu'on enlevait la petite plaque sensible ; on conçoit que dans ces conditions il fallait tirer un grand nombre d'épreuves avant d'en avoir une qui fût

satisfaisante, car on ne pouvait conduire à coup sûr le développement par suite de la petitesse de ces lames et de la finesse des franges qui s'y trouvaient reproduites.

De plus, à cause de la finesse de ces traits, le moindre tremblement empêchait toute réussite, et, comme on donnait accès à la lumière en découvrant la fente à la main, on manquait un grand nombre de clichés.

Pour éviter les oscillations du plancher qui aurait absolument empêché tout succès, j'ai dû fixer un chevron dans l'embrasure de la croisée et y percer un trou par où le microscope passait à frottement.

La chambre où j'opérais étant rendue complètement obscure, on visait le phénomène observé avec un premier oculaire, on obturait la fente et, en substituant l'oculaire photographique préalablement garni de sa petite plaque, on exécutait une dizaine d'épreuves du même phénomène, on les mettait dans le bain de développement et on les sortait de minute en minute.

Pour mieux représenter les valeurs correspondantes aux différentes couleurs, j'avais essayé de rendre les plaques orthochromatiques en injectant à leur surface un mélange des solutions éthérées et ammoniacales de zirconéthyl-méthyl-phtaléine et de mono-cocyl-méta-di-hydroxybenzol.

Ces photographies confirment tout ce que j'ai dit plus haut. On peut les examiner non seulement à la loupe, mais u microscope, on retrouve des dispositions périodiques différentes et caractéristiques de chaque phénomène coloré.

Les considérations que nous allons développer permettent de se rendre compte de ces phénomènes complexes.

Mais auparavant il nous faut revenir sur un point traité dans la première partie afin d'indiquer un complément indispensable ; il n'a été omis que pour donner plus de brièveté à une démonstration qui doit être considérée comme une première approximation.

Pour abréger, nous avons considéré les ondes paragéniques dont les centres sont en S_1 et S_2 (Pl. XI, fig. 3) et nous avons supposé

qu'au point M le mouvement vibratoire provenait des deux points S_1 et S_2 de telle sorte qu'on avait un maximum d'intensité lorsque ces deux mouvements vibratoires étaient concordants; en réalité, pour avoir l'expression exacte de l'intensité en un point, il faudrait calculer l'effet produit par toutes les portions d'onde laissées libres par les petits écrans qui constituent le réseau; mais sans effectuer ce calcul, sur lequel il y aura lieu de revenir, on peut reconnaître que l'action ne sera pas la même suivant que la droite MS_1 rencontrera une partie libre ou une partie opaque du réseau et, pour que l'interférence soit complète aux points où la théorie précédente indique un maximum, il est nécessaire que les deux mouvements vibratoires considérés à droite et à gauche soient identiques entre eux; or, tout en les considérant comme émanés de S_1 et S_2, on voit qu'ils proviennent des portions de l'onde interceptée par deux régions du réseau situées au voisinage des points s_1 et s_2, et cette identité n'aura lieu que si ces deux régions *vues* du point M présentent la même disposition, c'est-à-dire si elles sont symétriques, ou encore si les deux droites MS_1 et MS_2 coupent le réseau en deux points qui, *reportés sur un même élément du réseau, soient symétriques l'un de l'autre* [1].

En particulier, si la perpendiculaire au réseau abaissée du point S est un axe de symétrie de ce réseau, c'est-à-dire si elle tombe au milieu d'une partie opaque ou au milieu d'une partie transparente, la condition précédente sera satisfaite sur le prolongement

[1] C'est là un point que je compte traiter à part; mais, sans développer une théorie qui semble longue et pénible, on conçoit que le raisonnement précédent revenait à composer au point s_1 tout les mouvements vibratoires issus des régions voisines, ce qui amène à ajouter un retard fictif φ_1; de même en groupant au point s_2 les mouvements vibratoires de la région, on introduit un retard φ_2; dans le cas de parfaite symétrie où nous supposons qu'on se soit placé (voir quelques lignes plus bas), ces deux retards sont égaux entre eux ou diffèrent d'un nombre entier de longueur d'onde, ce qui n'altère pas la différence pour les points où on avait un maximum. Il n'en est pas de même pour les régions où cette symétrie n'est pas réalisée; en ce cas, il s'introduit donc une différence de phase qui se combine avec les chemins effectivement parcourus Ss_1M et Ss_2M pour déterminer l'interférence au point M

de cette normale, en tout point de laquelle on aura une frange brillante, à cause de l'identité absolue des mouvements vibratoires qui y parviennent de part et d'autre.

Mais il y a plus, on peut montrer que, si cette condition est remplie pour une des franges brillantes, *elle l'est encore* pour tous les autres points où la première théorie prévoit une frange brillante.

En effet, soit M un tel point, calculons les distances (Pl. XI, fig. 3)

$$os_1 = u_1$$

$$\frac{c-u_1}{c-x} = \frac{d}{y} \text{ d'où : } u_1 = c - \frac{d}{y}(c-x) = dn\lambda - \frac{d}{y}\left(dn\lambda - \frac{Ky}{4dn}\right) \quad (3)$$

Calculons de même $os_2 = u_2$

$$\frac{c-u_2}{c+x} = \frac{d}{y} \quad \text{ d'où : } u_2 = c - \frac{d}{y}(c+x) = dn\lambda - \frac{d}{y}\left(dn\lambda + \frac{Ky}{4dn}\right)$$

le nombre d'éléments du réseau contenus dans u_1 et dans u_2 est :

$$u_1 n \text{ et } u_2 n.$$

La différence du nombre des éléments est :

$$(u_1 - u_2)\, n, \qquad \text{ce qui donne : } \frac{K}{2}$$

et, comme aux points en question, K est un nombre pair, il en résulte que les deux grandeurs os_1 et os_2 ne diffèrent que par un ***nombre entier d'éléments***. Les fractions d'éléments sont les mêmes de part et d'autre et si la droite SO est un axe de symétrie, les deux points s_1 et s_2 sont deux points qui reportés sur un même élément sont symétriques l'un de l'autre. *C.q.f.d.*

Mais ces maxima pourraient ne pas être identiques entre eux si le point où la droite MS_1 coupe le réseau est placé d'une façon différente sur les éléments coupés, lorsque M varie. On peut montrer que *ces points ne sont que de deux espèces qui se reproduisent alternativement.*

Prenons pour cela l'expression de u_1 : la différence des valeurs de u_1 pour deux valeurs successives et paires de K est $\frac{1}{2n}$, c'est-à-dire la moitié d'un élément; si donc on prend les maxima de numéros pairs 0, 2, 4, 6, qui correspondent à des retards 0, 2λ, 4λ, 6λ,

ces maxima seront tous identiques entre eux, puisque les points tels que s_1 sont de même nature *pour chaque couleur* en *chacun de ces maxima* quoique d'une nature différente lorsqu'on passe d'une couleur à l'autre ; de même les maxima de numéros impairs 1, 3, 5 qui correspondent à des retards λ, 3λ, 5λ seront encore identiques entre eux, mais pourront être différents des précédents ; le phénomène ne se reproduira identique à lui-même qu'après ces deux maxima, la période comprendra donc deux franges brillantes et deux franges obscures sur la position absolue desquelles cette théorie ne nous fixe pas, tandis que pour les franges brillantes nous voyons qu'elles sont toutes équidistantes entre elles, soit qu'elles appartiennent à la première ou à la seconde espèce ; elles se trouvent *sur les droites qui joignent le point S au milieu d'une partie opaque et au milieu d'une partie transparente* : la période correspond à l'*ombre* entière d'un élément.

Ce résultat pourrait être obtenu immédiatement, en supposant que le réseau est tracé sur un cylindre circulaire dont l'axe coïncide avec la fente S, on déduirait la position des maxima précédents, mais on ne saurait pas s'il existe d'autres maxima et s'il y a des minima.

La théorie précédente permet d'expliquer ce qui se passe lorsqu'on imprime au réseau un mouvement de translation dans son plan ; les franges se déplacent dans le même sens et le mouvement angulaire des franges ou des traits est le même, comme je l'ai vérifié ; de même en transportant la fente parallèlement au réseau, les franges se déplacent en *sens inverse*.

Nous arrivons enfin aux colorations alternées présentées par les maxima.

En un point M, où il y a maximum, il y a concordance pour toutes les couleurs, mais chacune d'elles ne conserve pas la même intensité relative que dans la lumière blanche, c'est-à-dire ne produit pas les mêmes actions au point M, attendu que la droite MS_1 coupe l'élément du réseau en un point s_1, qui est variable avec le point S_1, par conséquent avec la couleur ; autrement dit, le point M ne *voit* pas le spectre diffracté de la même manière dans toute

son étendue ; il en voit[1] différemment certaines régions et ces différences sont déterminées d'après l'*ombre* du réseau projetée par le point M *sur* le spectre ; mais, d'après ce qui a été dit plus haut, cette ombre sera la même pour tous les maxima de première espèce, puisque pour toutes les droites telles que MS_1, le point s_1, est pareillement situé sur l'élément quel que soit le point M ; si donc ces maxima sont colorés, ils seront tous identiques entre eux. Pour les maxima de seconde espèce, l'*ombre* sera d'une nature différente quoique identique pour tous, ils auront donc une couleur unique différente des premiers.

Ces considérations géométriques peuvent être présentées sous une forme analytique :

L'interférence des deux vibrations présentant un retard δ produit un mouvement vibratoire dont l'intensité est $\cos^2\pi\frac{\delta}{\lambda}$, c'est-à dire ici $\cos^2\pi\frac{2cx}{y\lambda}$ ou $\cos^2\pi\frac{2dnx}{y}$, qu'il faut multiplier par un coefficient L variable avec la radiation considérée, bien qu'on prenne toujours pour unité d'intensité d'une radiation celle qui figure dans une lumière blanche.

L'intensité totale aux points où le retard est un nombre pair de demi-longueurs d'ondes, c'est-à-dire aux points où l'intensité de chaque radiation est maximum, est Σ L, le cosinus y étant égal à l'unité pour toutes les couleurs.

Il se produit une coloration, puisque L varie avec la couleur ; la coloration ne sera pas la même au maximum voisin, puisque L n'est pas la même fonction de λ.

Supposons que le point M soit assez éloigné du réseau et de la source pour que l'ombre d'un élément du réseau ne couvre qu'une petite portion du spectre, alors ce spectre pourra se subdiviser en

[1] J'emploie cette expression bien qu'elle manque de rigueur, mais elle permet de se représenter le phénomène ; il serait plus exact de dire que les différentes radiations ne produisent pas au point M des effets comparables, et qu'il faut tenir compte de la disposition des écrans qui interceptent partiellement l'onde correspondante, disposition variable avec la radiation considérée.

un certain nombre de régions, violet, indigo, bleu, vert, jaune, etc., qui sont pareillement modifiées au point de vue de l'intensité propre ; cette intensité sera figurée dans le spectre par une sinusoïde (Pl. XI, fig. 6, 1re ligne) présentant un grand nombre de périodes ; il en résultera évidemment une teinte blanche pour la même raison qui fait disparaître les colorations dans les interférences à grandes différences de marche lorsqu'un trop grand nombre de radiations viennent à interférer ; il en sera de même pour l'autre maximum, ils deviendront blanc l'un et l'autre, et le phénomène constitué par des franges achromatiques semblera avoir une période deux fois plus faible, c'est le cas de la fig. 5, (Pl. XI).

Mais si les distances deviennent plus petites, et s'il suffit d'un petit nombre d'éléments pour recouvrir le spectre, tout le phénomène sera modifié ; supposons pour fixer les idées que le spectre soit recouvert par l'ombre de deux éléments (Pl. XI, fig. 6, 2e ligne). L'intensité propre varie suivant une loi périodique ; on voit, par exemple, que l'indigo sera maximum ainsi que l'orangé tandis que le vert et le rouge seront affaiblis ; la même apparence se produira pour les autres maxima de même espèce pour lesquels la courbe précédente se transporte d'une période ; en la transportant d'une demi-période (Pl. XI, fig. 6, 3e ligne), on voit qu'au maximum voisin le vert et le rouge seront au contraire plus énergiques, le bleu et le jaune seront diminués ; ces maxima se coloreront de teintes différentes qui seront sensiblement complémentaires.

Telle est l'explication des couleurs alternées.

La distribution des teintes pourra même se compliquer lorsque le spectre sera recouvert par une portion plus faible du réseau.

Si enfin le spectre tout entier est beaucoup plus petit que l'ombre d'un élément du réseau (Pl. XI, fig. 6, 4e ligne), toutes les couleurs seront à peu près modifiées de la même manière et les teintes s'affaibliront.

Ce sont là, en effet, toutes les particularités présentées par l'expérience dans les quatre phases indiquées plus haut.

Dans tous les cas, on voit que les colorations apparaîtront à partir du moment où le spectre ne sera plus recouvert que par un certain

nombre p d'éléments du réseau; elles apparaîtront donc à une distance d'autant plus grande que la source est plus rapprochée du réseau ; c'est une conséquence facile à vérifier et dont nous verrons plus loin les conséquences. J'ai constaté en outre qu'en faisant varier la distance de la source au réseau on retrouve à peu près les mêmes colorations dans le même ordre ; mais pour les apercevoir à de grandes distances il est bon d'amener le réseau à quelques millimètres de la fente, ces deux grandeurs variant toujours en sens inverse l'une de l'autre.

On peut s'en assurer en écrivant que le spectre est recouvert par l'ombre de p éléments du réseau, ce qui correspond évidemment à une certaine disposition *caractéristique du nombre p*.

Il suffit de prendre la différence des deux valeurs de u_1 [équation (3)] pour les longueurs d'ondes extrêmes λ et λ' et d'écrire qu'elle contient p éléments.

Cette différence est exprimée par

$$\left(dn - \frac{d^2n}{y}\right)(\lambda - \lambda').$$

On a donc l'équation :

$$\frac{\left(dn - \frac{d^2n}{y}\right)(\lambda - \lambda')}{\frac{1}{n}} = p$$

ou

$$\frac{n^2(\lambda - \lambda')}{p} = \frac{y}{d(y-d)} = \frac{y-d+d}{d(y-d)}$$

$$\frac{n^2(\lambda - \lambda')}{p} = \frac{1}{d} + \frac{1}{(y-d)} \qquad (4)$$

équation qui montre en effet que les deux grandeurs d et $y - d$ varient en sens inverse l'une de l'autre comme les distances à une lentille de l'objet et de l'image qu'elle fournit.

Lorsqu'on diminue la distance d, on reporte donc en arrière du réseau et à des distances de plus en plus grandes le point A_p à partir duquel le phénomène caractérisé par le nombre p se produit.

Si on remplace p par $p - 1$, ce qui correspond à un phénomène plus complexe, le point A_{p-1} est plus rapproché du réseau, comme on peut le voir à l'aide de la formule précédente analogue

à la formule des lentilles et qui se discute comme elle. On a donc, dans la portion où est placé l'observateur, une série de points A_p, A_{p-1}, A_{p-2}.... de plus en plus voisins du réseau, aux environs desquels le phénomène revêt une apparence nouvelle, caractéristique des nombres $p, p-1, p-2$...; tous ces points se déplacent et s'éloignent du réseau lorsque d diminue.

On ne peut guère songer à vérifier la formule précédente autrement que dans sa marche générale, car les colorations n'apparaissent pas brusquement, mais graduellement par des teintes d'abord mal définies, la sensibilité et la fatigue de l'œil jouent un grand rôle dans les jugements que l'on porte. J'ai constaté que cette formule est conforme à l'expérience, en me repérant sur une des premières teintes que l'on distingue nettement, un rose violacé associé à un jaune vert.

Pour un réseau au 1/50, placé à 20 millim. de la fente, ces teintes apparaissaient également à 20 millim. en arrière du réseau.

On a donc : $d = 20$ millim., $y - d = 20$ millim.

Ces nombres permettent d'obtenir une évaluation du nombre p correspondant ; en remplaçant λ et λ' par les valeurs $0^{mm},000600$ et $0^{mm},000450$, on a :

$$\frac{2500\,(0,000600 - 0,000450)}{p} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} = \frac{1}{10}$$

$$p = 25000 \times 0,000150 = 3,75.$$

Cette coloration se manifeste donc pour p compris entre 3 et 4 c'est-à-dire lorsque le spectre est divisé à peu près en trois segments par l'ombre de trois éléments de réseaux.

Cette même équation montre qu'avec un réseau à traits plus resserrés, ce phénomène ne se montrera qu'à des distances beaucoup plus faibles ; car c'est le carré de n qui s'introduit ; ainsi, pour un réseau au centième, si nous remplaçons d par 20 millim. et p par 3 pour avoir le même phénomène, on trouve :

$$\frac{1}{y-d} = \frac{10000 \times 0,000150}{3} - \frac{1}{20} = \frac{1}{2} - \frac{1}{20} = \frac{9}{20}$$

$$y - d = 2^{mm},2$$

c'est donc seulement contre le réseau qu'on l'observera, comme je l'ai constaté.

Au contraire, avec un réseau au 1/20, le même calcul donne pour $d = 30$ millim.

$$\frac{1}{y-d}\,\frac{400 \times 0,000150}{3} - \frac{1}{50} \quad \text{ou sensiblement zéro ;}$$

$y - d$ est donc infiniment grand.

Les colorations se produisent donc à toutes distances avec un réseau au vingtième, même lorsque la fente est à 5 centim. du réseau, et *a fortiori* si elle est plus rapprochée. Avant que les colorations se manifestent, les franges achromatiques sont facilement visibles avec ces sortes de réseaux. C'est ce que j'ai vérifié avec des réseaux au vingtième, qui m'ont été prêtés par M. Cros, professeur au Lycée de Montpellier, qui les avait fabriqués lui-même avec une grande habileté ; je tiens à le remercier de l'obligeance avec laquelle il les a mis à ma disposition.

En résumé, si on veut observer ces colorations à des distances très grandes du réseau (c'est-à-dire pour avoir $y - d = \infty$), il faut que la source soit à une distance égale à

$$d = \frac{p}{u^2\,(\lambda - \lambda')}, \text{ c'est-à-dire à } \frac{3}{n^2 \times 0,000150},$$

ce qui donne pour les réseaux au 1/20, au 1/50 et au 1/100 les nombres

$$30^{mm}\ 8^{mm} \text{ et } 2^{mm};$$

pour des distances un peu supérieures, on aura des franges achromatiques ; pour des distances inférieures, on aura la suite des colorations de plus en plus vives et de plus en plus complexes.

Tel est le résultat que nous utiliserons dans la troisième partie de ce travail.

TROISIÈME PARTIE.

Nous allons appliquer les résultats précédemment trouvés à l'interprétation de certains phénomènes présentés par les réseaux parallèles. On sait que ces phénomènes ont été découverts et étudiés par M. Crova [1], qui en a tiré une remarquable méthode pour la détermination rapide et précise des indices. Il importe avant tout de distinguer deux genres bien distincts de phénomènes : lorsqu'on produit sur un écran, avec une lentille, l'image d'une fente étroite et qu'on interpose sur le trajet des rayons lumineux et particulièrement au point où ils sont le plus concentrés, un système de deux réseaux, placés à la suite l'un de l'autre, dont les traits, bien parallèles entre eux, soient aussi parallèles à la fente, on aperçoit dans les différents spectres de diffraction une série de cannelures noires, qu'avec M. Crova et M. Garbe [2] nous nommerons franges d'*interférences*, par opposition aux franges de *diffraction* dont nous parlerons plus bas.

Ces franges d'interférences ne sont nettes que lorsque la fente est suffisamment étroite, bien orientée, et lorsque l'écran est bien au point où se produit l'image nette de la fente.

M. Crova a complètement étudié ces franges, dont il attribue la production à l'interférence des rayons qui ont été diffractés par l'un des réseaux et transmis par l'autre ; cette théorie, qu'il a développée, l'a amené à énoncer les lois de ces franges, lois qui sont très exactement vérifiées par l'expérience.

Si on vient à élargir la fente, on fait disparaître ces bandes, mais on en voit apparaître de nouvelles qui se montrent de préférence dans l'image de l'ouverture, et que M. Crova nomme pour cela franges de l'ouverture, mais qu'on peut appeler aussi *franges de diffraction*, pour les distinguer des premières ; en effet, elles

[1] Crova ; *Mémoire de l'Académie des Sciences de Montpellier*, tom. VIII, pag. 177, (1876). — *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, tom. I, pag. 407.

[2] Garbe ; *Sur les franges des réseaux parallèles*, *Journ. de phys.* 1890, pag. 47.

se produisent non seulement dans l'image directe de l'ouverture, où elles sont très vives, mais encore dans les images diffractées, où leurs apparences sont modifiées par les teintes spectrales auxquelles elles se superposent; elles se produisent aussi sur tout l'écran, mais avec une faible intensité là où il tombe peu de lumière : on peut néanmoins les y suivre lorsque l'œil n'est pas aveuglé par l'éclat de l'image centrale.

Elles sont indépendantes de la grandeur de la fente ; ainsi, en élargissant celle-ci, il semble qu'on écarte un diaphragme qui empêchait de les voir sur l'écran.

Elles ne dépendent pas de l'orientation de la fente : en l'inclinant, on obtient, conformément aux indications de M. Crova, une figure des plus élégantes et une des expériences les plus brillantes de l'optique.

Elles ne dépendent pas non plus de la position de l'écran ; elles existent dans tout l'espace et sont d'autant plus étroites que l'écran est plus rapproché ou que les deux réseaux sont plus voisins l'un de l'autre ; d'ailleurs M. Crova a constaté que leur largeur était la même que celle des franges d'interférences qui existent dans le spectre diffracté de premier ordre, et cette circonstance lui a permis de les utiliser pour la mesure des indices en pleine lumière au lieu de s'astreindre à considérer les cannelures du spectre qui ne sont nettes qu'avec une fente étroite placée convenablement.

Enfin la position du réseau sur le trajet des rayons lumineux n'a que peu d'importance ; il est néanmoins préférable (et nous verrons pourquoi) de les placer au voisinage du foyer.

D'ailleurs, la projection est plus élégante, mieux encadrée, lorsque l'image de l'ouverture est elle-même nette; toutefois cette condition n'est pas nécessaire.

Mais le caractère essentiel de ces franges est de présenter des colorations ; M. Crova avait signalé en effet la particularité qu'elles offrent d'être irisées ; en réalité, elles ont des colorations *alternées* qui se reproduisent périodiquement et sont tout à fait semblables aux alternances que nous avons signalées dans la deuxième partie de ce travail. Leur description détaillée serait ici tout à fait super-

fine, il suffirait de répéter ce qui a été dit quelques pages plus haut, dans le cas *d'une* fente éclairant *un* réseau. Disons seulement pour résumer que, lorsque les deux réseaux sont assez éloignés, on voit des franges achromatiques très resserrées, qui s'élargissent par le rapprochement des réseaux ; elles se colorent de nuances complexes sensiblement complémentaires, la période comprenant deux franges brillantes de couleurs différentes où le rose et le vert, le bleu et le jaune prédominent ; on peut même, si les réseaux sont assez rapprochés, avoir un intervalle qui se décompose en bandes colorées avec une partie axiale brillante.

Bref, on reconnait toutes les phases précédemment décrites (pag. 9, 10 et 11) et la vue de ces couleurs complexes, d'apparence et de succession semblables dans les deux cas, amène forcément à penser à l'identité de cause des deux phénomènes.

Toutefois il y a une différence importante à signaler à cause de la théorie qui va être exposée ; c'est que les franges noires, qui étaient très fines dans le premier cas, manquent ici de netteté ; elles sont élargies et ne paraissent pas absolument obscures ; le second phénomène ne reproduit pas les parties délicates du premier, il ne reproduit que les bandes qui ont une certaine largeur, aussi faut-il que l'écran ne soit pas placé trop près du *réseau pour* que les bandes colorées soient assez larges.

On peut expliquer tous ces faits en considérant les N fentes du premier réseau comme produisant chacune les mêmes phénomènes dont on observe la superposition, la netteté étant néanmoins conservée, comme nous allons le voir, ***à cause de la petitesse des réseaux et de la corrélation toute particulière qui existe entre leurs périodes.*** Soient en effet $S_1 S_2 S_3 \ldots$ (Pl. XI, fig. 7) les fentes qui constituent le premier réseau directement éclairé par la lumière solaire ; soient $S'_1 S'_2 S'_3$ les fentes qui constituent le second réseau ou plus exactement les milieux des ouvertures ; soient, de même, $T'_1, T'_2, T'_3 \ldots$ les milieux des parties opaques. Considérons l'action produite à grande distance par une seule des fentes S_1 du premier réseau.

On a vu dans la deuxième partie qu'il se produira sur un écran une série de franges alternativement brillantes et obscures, les franges brillantes se produisant dans les directions qui joignent le point S_1 aux points S'_1, S'_2, S'_3 et T'_1, T'_2, T'_3, milieux des intervalles transparents et des intervalles opaques et les franges obscures se produisant entre deux franges brillantes.

Ces franges brillantes sont achromatiques si la distance de la fente au deuxième réseau est assez grande, mais elles se colorent si cette distance devient inférieure à une certaine limite que nous avons trouvée être d'*environ* 8 millim. pour un réseau au 1/50; dans ce cas, les couleurs présentent une alternance et sont sensiblement complémentaires ; on peut figurer schématiquement le phénomène par une courbe telle que celle qui est à la partie inférieure de la figure ; il importe de remarquer que ces franges ont une largeur qui atteint souvent plus d'un centimètre et qui est dans tous les cas incomparablement plus grande que la période du réseau (1/50 de millim.) et même plus considérable que la portion utilisée de ce réseau.

Ceci posé, considérons l'action de la fente voisine S_2, elle va donner lieu à la production du même phénomène dans les directions telles que $S_2S'_1$, $S_2S'_2$, $S_2S'_3$, $S_2T'_1$, $S_2T'_2$ $S_2T'_3$, mais si ces deux réseaux ont même période, ces droites forment un nouveau faisceau tout à fait identique au premier, toute droite telle que $S_1S'_p$ ayant sa parallèle telles que $S_2S'_{p+1}$ déplacée par rapport à la première d'une quantité qui n'est que 1/50 de millimètre, cette distance étant comptée dans la direction S_1S_2 ; ce deuxième faisceau qui indique par sa rencontre avec l'écran les positions des franges n'est donc autre que le premier qui a subi un déplacement de 1/50 de millim.; les points de rencontre sont donc les mêmes à cette distance près, et les deux phénomènes *se superposeront*, car le deuxième est représenté par la courbe ponctuée extrêmement voisine de la première (Pl. XI, fig. 7).

Il en sera de même de l'effet produit par les fentes S_3, S_4, S_5 qui produiront toutes les mêmes apparences avec un déplacement dont le maximun sera égal à la partie utilisée du réseau.

L'ensemble donnera donc lieu à la production d'un phénomène

plus intense qui pourra s'observer directement sur un écran et de loin ; autrement dit, le premier réseau avec ses N fentes permet d'utiliser toute la lumière solaire qui tombe sur une largeur de plusieurs centimètres et qui l'éclaire directement, il donne sensiblement et avec plus d'éclat les mêmes apparences qu'une fente unique éclairant un réseau.

Mais cet avantage est racheté au prix d'une légère confusion dans les détails délicats ; le phénomène résultant de la superposition de N phénomènes identiques mais légèrement déplacés les uns par rapport aux autres, on conçoit que les lignes trop fines, dont la largeur serait comparable à ce déplacement, disparaîtront ; seules, les bandes larges subsisteront ; c'est ce qui se produit pour les lignes noires étroites qui sont remplacées par des bandes larges estompées et sombres. Toutefois, on améliorera le phénomène en réduisant ce déplacement, c'est-à-dire en diminuant la partie utilisée du réseau, ce qu'on peut faire sans affaiblir la quantité de lumière employée ; on concentrera les rayons avec une lentille et on placera les réseaux au point où le faisceau est le plus étroit ; c'est la condition indiquée plus haut qui n'est pas nécessaire pour la production des franges, mais qui a son importance pour la netteté de celles-ci ; enfin, on éloignera suffisamment l'écran sans qu'il faille le mettre au point où se forme l'image de l'ouverture : on voit le rôle tout secondaire joué par la lentille.

En approchant lentement les réseaux l'un de l'autre on verra les franges s'élargir et passer par la série des colorations mentionnées. On peut même, lorsqu'ils sont presque au contact et avec une lentille bien convergente, obtenir avec des réseaux au 1/50, les phénomènes complexes de dédoublement des intervalles colorés (l'axe ayant une couleur différente de celle des bords).

Les mêmes phénomènes s'observeront avec des réseaux au 1/100, mais plus difficilement puisqu'il faut les rapprocher à une distance 4 fois moindre pour obtenir les mêmes apparences qu'avec les réseaux au 1/50. Au contraire ils s'observent très facilement avec des réseaux au 1/20, qui présentent nettement toutes les phases déjà décrites.

Bien des expériences peuvent être invoquées à l'appui de cette théorie :

1° On peut constater que la période entière des franges (deux colorations) correspond à une largeur égale à la période du second réseau projeté sur l'écran par un point du premier ; c'est ce qu'on vérifie à l'aide de la vis micrométrique dont est muni l'appareil à réseaux parallèles.

2° M. Garbe a montré qu'en déplaçant d'une période entière un des réseaux parallèlement à lui-même les franges se déplaçaient d'une période entière [1]. Dans ce mémoire où il s'est spécialement occupé des franges d'*interférence* dont il signale d'importantes propriétés, le même physicien avait remarqué la similitude d'apparences présentées par deux réseaux parallèles et par un réseau éclairé par une fente, ce qui lui avait permis de penser que les ouvertures du premier réseau faisaient l'office de sources vis-à vis des traits du second [2].

Nous insisterons surtout sur ce qui est relatif à la corrélation qui doit exister entre les périodes des deux réseaux.

Nous avons vu que l'identité de période entraîne la régularité du phénomène ; mais il en sera encore de même si le premier réseau a un nombre de fentes deux fois moindre par millim., car cela revient à supprimer une fente sur deux et les faisceaux consécutifs considérés seront encore parallèles ; c'est ce que j'ai vérifié en éclairant le réseau au centième d'abord avec un réseau semblable, puis avec un réseau au 1/50 qu'on lui substituait ; le phénomène est le même, mais moins brillant comme il le serait encore si la période devenait 3, 4 fois plus grande. Si au contraire les deux périodes ne sont pas dans un rapport simple, par exemple si on associe un réseau au 1/50, avec un réseau au 1/20, les

[1] Garbe ; *Journ. de Physique*, 1890, pag. 48.

[2] Depuis l'achèvement de ce travail, j'ai pu constater la même similitude sur de belles photographies qui avaient été exécutées par M. Crova il y a plus de 20 ans ; ce sont de grandes plaques (13 × 18) qui représentent les franges de l'ouverture des réseaux parallèles ; on y reconnait de suite l'alternance de tons dont il est question, ainsi qu'une grande analogie avec certaines des petites photographies que j'ai obtenues dans le cas des phénomènes simples (1re phase).

faisceaux de droites issues de deux points voisins S_1, S_2, ne sont plus parallèles, et aucune frange ne se manifeste.

On peut alors se demander ce qui arriverait si au contraire on éclairait un réseau avec un autre de période deux fois plus faible, par exemple un réseau au 1/50, avec un au 1/100.

En faisant l'expérience on constate que, même en les plaçant à la distance où on obtenait précédemment des phénomènes colorés, on a cette fois des franges rigoureusement achromatiques.

C'est en effet une conséquence de la théorie précédente : considérons (Pl. XI, fig. 8) les fentes d'ordre impair S_1, S_3, S_5, elles forment un réseau de même période que le second ; elles donneront lieu à des franges colorées dans les directions indiquées, par exemple une bande rose dans la direction $S_1 S'_1$ et une bande verte dans la direction $S_1 T'_1$. Entre ces deux bandes colorées se trouve une bande sombre sensiblement suivant la médiane du triangle $S'_1 S_1 T'_1$.

Prenons maintenant les fentes d'ordre pair S_2, S_4 ; elles donneront lieu au même phénomène, mais la bande rose sera dans la direction d'un intervalle libre $S_2 S'_2$ qui n'est autre que la direction $S_1 T'_1$ où se trouve la bande verte du premier système, il en sera de même pour l'autre direction principale et ces couleurs complémentaires superposées donneront du blanc ; les franges sombres seront encore sur la médiane du triangle $T'_1 S_2 S'_2$ qui n'est autre en direction que la première médiane considérée, il y a donc coïncidence pour les bandes noires et on aura des franges achromatiques, comme il résulte des courbes dessinées au bas de la figure ; le premier groupe de fentes S_1, S_3, S_5, donne le phénomène figuré en traits pleins, le second groupe S_2, S_4 donne le phénomène dessiné en pointillé, les franges noires coïncident sensiblement dans les deux cas.

Voici enfin une vérification numérique facile à répéter : On associe deux réseaux un au 1/100, et un au 1/50 ; si le second est pris comme réseau éclairant, on a des franges colorées, par exemple un intervalle rouge et un intervalle vert, ces intervalles étant égaux. Sans changer la distance des réseaux, on fait tourner

le support de 180° de manière que, toutes les dimensions étant les mêmes, le réseau au 1/100 soit devenu le réseau éclairant; on constate qu'on a des franges achromatiques, la période ayant exactement la même largeur que la période *entière* dans le premier cas, ce qu'on peut vérifier très exactement en comptant le nombre des périodes comprises dans une longueur mesurée sur l'écran.

Cette expérience semble paradoxale : puisqu'on obtenait des couleurs avec un réseau au 1/100, on devrait *a fortiori* en obtenir avec un réseau au 1/50, qui les ferait apparaître même avec une distance 4 fois plus forte; car p est ici 4 fois plus petit (voir pag. 18 et 19) et pourtant les franges sont achromatiques, ce qui tient à la raison qui vient d'être indiquée.

Au sujet de leurs dimensions, on voit que dans le premier cas la largeur *angulaire* de la période est représentée par l'angle $S_1'S_1S_2'$ (Pl. XI, fig. 9), tandis que dans le second cas l'angle de la même valeur $S_1'S_1T_1'$ (Pl. XI, fig. 10) indique la demi-période d'un phénomène coloré *qui se superpose à un phénomène coloré complémentaire*, ce qui fait que cet angle correspond finalement à une période entière par suite de l'identité qui résulte de la superposition de deux franges brillantes consécutives.

La période a donc la même largeur, mais, au lieu de se composer de deux franges brillantes de couleurs différentes et de deux franges sombres, elle se compose maintenant d'une frange brillante et d'une frange noire, *chacune* de ces dernières occupant le même espace qu'une frange sombre et une frange brillante colorée dans le premier cas. Le phénomène est représenté schématiquement par la fig. 11 (Pl. XI), et la vérification se fait aisément.

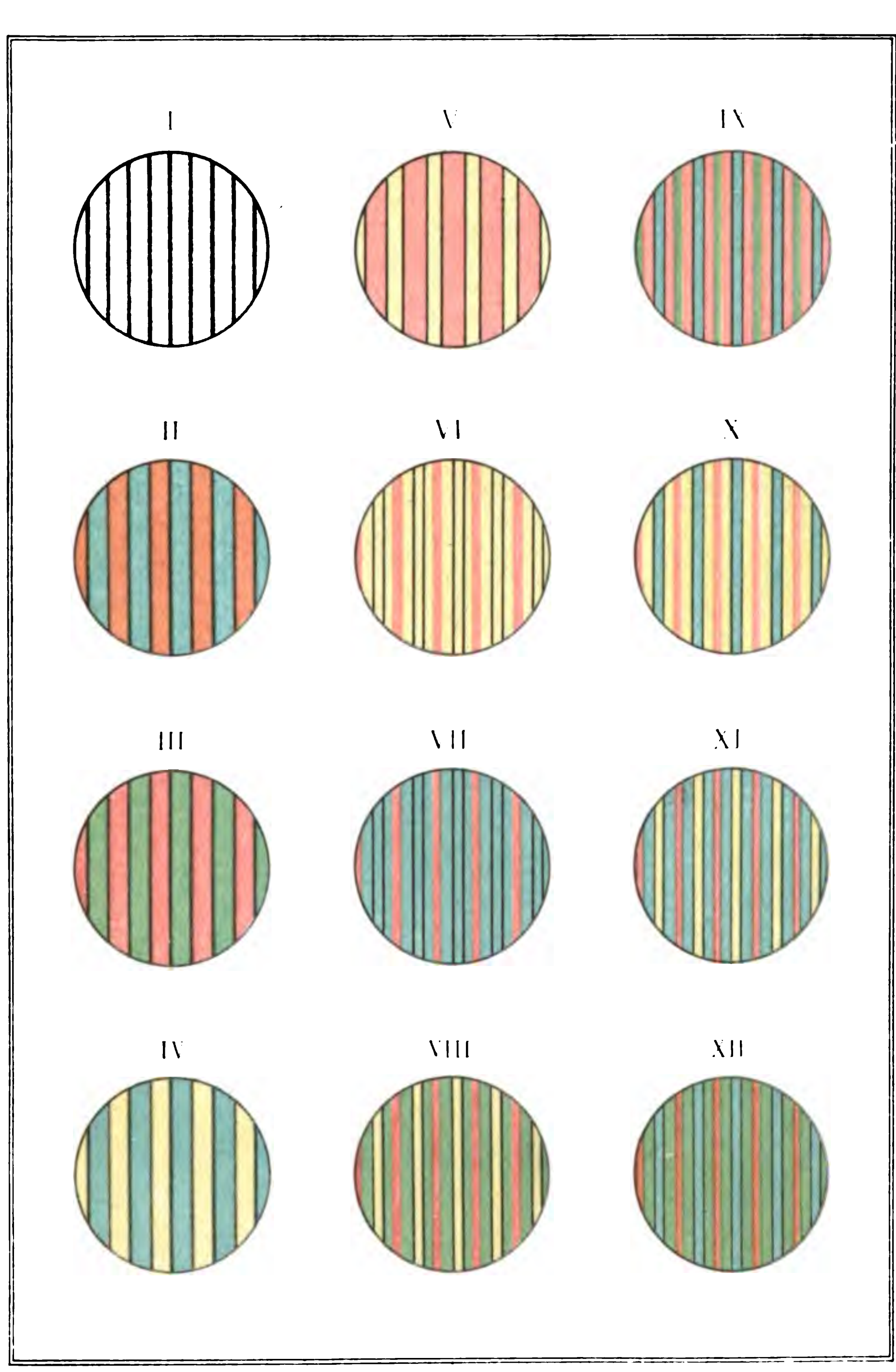
Elle réussit également bien avec des réseaux au vingtième, mais il se produit des complications sur lesquelles je compte revenir dans un prochain mémoire, où je traiterai de l'influence des diffractés d'ordre supérieur au premier.

---

fig. 1.

fig. 6.

Lith. Ch. Boehm Mont.


I
V
IX
II
VI
X
III
VII
XI
IV
VIII
XII

—	2 (1856).	P. Gervais (5), Ch. Martins (4), Marcel de Serres (5), E. Roche, Chancel, P. de Rouville, Legrand, Viard, Jeanjean, Marès...	8.50
—	3 (1857)	H. Marès, E. Roche, Marcel de Serres (3), Le Rique de Monchy (2), Viard, Lenthéric neveu, G. Chancel(2), Parès, P.Gervais(3).	8
		Tome IV (1858-1860)......................	23
Fascicule	1 (1858).	P. Gervais (2), Montrouzier, Chancel, Marcel de Serres, Berger, Le Rique de Monchy (2), Lenthéric, Reynès et de Rouville, Graff, E. Roche (2)........................	6
—	2 (1859).	P. Gervais (2), E. Roche, Lenthéric, Marcel de Serres(3), E.Rouché, Raynaud, Chancel, Diacon, Cazalis de Fondouce, Ch. Martins.	9
—	3 (1860).	Ch. Martins, P. Gervais (2), E. Roche (3), Désormeaux, Marcel de Serres (3), Cazalis de Fondouce, Lenthéric..............	6
		Tome V (1861-1863)......................	23
Fascicule	1 (1861).	E. Roche(2),Diacon(2),Lenthéric, Moitessier, Martins, P. Gervais, Chancel..........	10
—	2 (1862).	Martins, E. Roche (2), Viala, Marcel de Serres (3), Berger, Gervais (3), Wolf et Diacon, Moitessier, Jeanjean..........	8
—	3 (1863).	P. Gervais (3), Martins (2), O. Bonnet, Béchamp, Roche (2), Moitessier........	5
		Tome VI (1864-1866)......................	23
Fascicule	1 (1864).	Berger, Roche, Diacon (2), Chancel (2), Gervais(3), Brinckmann, Loret, Moitessier.	(*épuisé*)
—	2 (1865).	Martins, Gervais (3), Roche (2), Chancel (2), Jeanjean (2), Diacon et Wolf..........	6
—	3 (1866).	Duclos, Chancel, Crova, Roche (2), Garlin. Moitessier, Martins (2), Lallemand, Loret.	6
		Tome VII (1867-1870)......................	23
Fascicule	1 (1867).	Roche (3), Martins (4), Collomb, Gervais Vaillant, Le Rique de Monchy, Diacon...	6
—	2 (1868).	Gervais, Vaillant, Le Rique de Monchy, P. de Rouville, Lallemand (3), Diacon......	(*épuisé*)
—	3 (1869).	Duval-Jouve, Martins et Chancel, Combescure (2)............................	6
—	4 (1870).	Combescure, Duval-Jouve (2), Martins.....	4

		Tome VIII (1872-1875)		23
Fascicule	1	(1872)	Martins (2), Duval-Jouve (2), Crova, Munier, Boussinesq	6
—	2	(1873)	Crova, Cazalis de Fondouce, Duval-Jouve, Roche (2), Martins, Munier	6
—	3	(1874)	Duval-Jouve, Sabatier	6
—	4	(1875)	Lenthéric	5
		Tome IX (1876-1879)		23
Fascicule	1	(1876)	Crova, Duval-Jouve, Martins	6.50
—	2	(1877-1878)	Roche (2), Guinard, Crova (2), Duval-Jouve, Martins, Sabatier	7.50
—	3	(1879)	Sabatier	9
		Tome X (1880-1884)		23
Fascicule	1	(1880-1881)	Courchet, Cazalis de Fondouce, Crova (2), Roche	7.50
-	2	(1882)	Roche (2), Crova (2), Sabatier	7.50
—	3	(1883-1884)	Combescure, Crova (5), Sabatier, Pauchon, Tisserand, Garbe	6
		Tome XI (1885-1892)		15
Fascicule	1	(1885-1886)	Houdaille (3), Combescure (2), Crova (3), Dautheville, Brocard (2), de Rouville	6
—	2	(1887-1890)	Crova (4), de Forcrand, Fabry	4.50
—	3	(1890-1892)	Flahault	4.50

ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES

DE LA SECTION DES SCIENCES

GÉOLOGIE

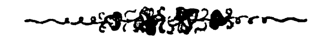
DE LA

RÉGION DU PIC SAINT-LOUP

(HÉRAULT)

2e SÉRIE. — TOME PREMIER.

No 3.



MONTPELLIER

CHARLES BOEHM, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE, RUE D'ALGER, 10

1893

PRIX DES MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

1re série, in-4°, de 1847 à 1892

La collection complète des trois Sections..........	26 vol.	Fr. 540
La collection de la Section de Médecine...........	6 —	. 106
La collection de la Section des Sciences...........	11 —	251
La collection de la Section des Lettres............	9 —	183

SECTION DES SCIENCES

Tome I (1847-1850).................. Fr. 25

Fascicule 1 (1847). Dunal, Marié-Davy (3), Gergonne, Marcel de Serres, Rafeneau-Delile, Gerhardt, P. Gervais........................... 4

— 2 (1848). Peytal (2), Roche, Marcel de Serres (2), O. Bonnet, Chancel, Dunal (3), de Girard, P. Gervais......................... 10

— 3 (1849). P. Gervais (2), Marcel de Serres, Marié-Davy, Roche, Chancel, de Girard, Lenthéric.... 5

— 4 (1850). Marié-Davy, Roche, Marcel de Serres, P. Gervais (3), Lenthéric, Peytal, Chancel.. 6

Tome II (1851-1854)...................... 25

Fascicule 1 (1851)..... Lenthéric, Roche, Marcel de Serres, de Rouville, P. Gervais (2), Dunal. 5

— 2 (1852-1853) Lenthéric, Lenthéric neveu (2), Roche (3), Marcel de Serres (2), Marié-Davy (2), A. Godron, P. Gervais (2), Sallières, Courty......................... 7.50

— 3 (1854)..... Marcel de Serres (2), Ch. Martins (2), Roche, Marié-Davy, Lenthéric neveu, H. Faure.......................(*épuisé*)

Tome III (1855-1857).................... 25

Fascicule 1 (1855). Parès, Marcel de Serres, Charles Martins, E. Roche......................... 8.50



GÉOLOGIE

DE LA

RÉGION DU PIC SAINT-LOUP

(HÉRAULT)

Par MM. **Paul de ROUVILLE**, Professeur honoraire de Géologie,
Doyen Honoraire de la Faculté des Sciences de Montpellier.

Et **Auguste DELAGE**, Docteur ès Sciences,
Maître de Conférences à la même Faculté.

INTRODUCTION.

Au double point de vue pittoresque et géologique, la région du Saint-Loup est une des plus belles et des plus intéressantes du département de l'Hérault. Il n'est point de touriste qui puisse rester indifférent devant le merveilleux panorama que, du haut du Pic, on voit se dérouler de toutes parts, limité par une ligne d'horizon où l'on compte la chaîne de la Sérane, les Cévennes avec l'Aigoual, les monts de la Lozère, la masse du Ventoux, la Méditerranée, les Corbières, les Pyrénées, la Montagne Noire, le Pic de Cabrières. En deçà de cette ligne, un des plus beaux et des plus riches pays de France, avec ses villes, ses villages, ses hameaux, ses fermes, ses vignes, ses forêts, ses rivières, ses ravins, ses routes blanches aux innombrables lacets, le tout *au point*, pour ainsi dire, et constituant une des plus admirables cartes géographiques que l'on puisse imaginer.

Cependant, la beauté du paysage n'est point l'unique attrait du Saint-Loup. Il y existe une population, peu dense, il est vrai, mais très originale et très curieuse, composée en majeure partie de pâtres et de charbonniers, dont les mœurs simples, presque primitives, se ressentent à peine du voisinage des grands centres environnants. Bien qu'on n'y soit qu'à 20 kilomètres de Montpellier, on se croirait transporté à une grande distance, dans un de ces pays perdus, comme il en existait tant autrefois.

Le moyen-âge a d'ailleurs laissé dans la région une empreinte qui

semble défier les siècles Il y est représenté notamment par les ruines encore très imposantes des deux vieux châteaux féodaux de Montferrand et de Vivioures, tous deux perchés comme des nids d'aigles, le premier sur l'extrémité orientale de la crête du Saint-Loup, le second sur l'extrémité occidentale de la crête de l'Hortus, et se regardant obliquement, comme des frères ennemis qu'ils étaient sans doute au temps jadis.

Il est difficile, on le conçoit, de visiter ces ruines, sans être envahi par une émotion profonde, suscitée fatalement par l'évocation d'un passé, qui n'apparaît point précisément sous des couleurs roses. En présence de ces épaisses murailles percées de meurtrières, de ces grandes salles où régnait le Seigneur et Maître, de ces tours qui semblent retentir encore du cliquetis des armes, de ces oubliettes où ont gémi de malheureuses victimes, on a, malgré soi, pendant quelques instants l'esprit hanté par tout un monde de souvenirs, dont l'effet le plus immédiat est de faire frissonner le visiteur le plus hardi et le plus blasé. L'émotion est pénible, mais en même temps salutaire, car on en revient vite pour en éprouver une autre, alors infiniment douce, en songeant que la tyrannie des vieux âges est à jamais ensevelie sous ces ruines, et en sentant planer au-dessus d'elles la bienfaisante liberté.

Ces vestiges du moyen-âge ne sont pas les seuls de la région ; il y en existe plusieurs autres analogues. On y trouve aussi un certain nombre de grottes, dont quelques-unes imparfaitement explorées.

En somme, on voit qu'une excursion au Saint-Loup est extrêmement attrayante pour le touriste[1] ; mais elle l'est bien plus encore pour le géologue, qui trouve là-bas, sur un rayon de deux kilomètres tout au plus, un ensemble de formations résumant presque toute la géologie des Basses-Cévennes. La région du Saint-Loup est, en effet, aux Terrains secondaires ce que la région de Cabrières est aux Terrains primaires. Grâce à une très remarquable dislocation, que nous expliquerons plus loin, les terrains amenés à l'affleurement y constituent une série ininterrompue, allant du Sinémurien supérieur au Néocomien inclusivement. A cette série s'ajoutent encore d'inté-

[1] Nous ne saurions trop recommander aux personnes qui se proposent une promenade au Saint-Loup la lecture du très savant et très intéressant travail que M. J. Pouchet a publié dans le *Bulletin de la Société Languedocienne de Géographie* (tom. III, décembre 1880), et qui a pour titre : *Excursion au Pic Saint-Loup et aux ruines du château de Montferrand.*

ressants dépôts lacustres tertiaires, qui couvrent une bonne partie de la région.

Ainsi que nous avons pu le constater, chaque assise porte avec elle sa signature, c'est-à-dire une faune qui, lorsqu'elle n'est pas abondante, comprend au moins les types les plus caractéristiques de l'horizon auquel, *a priori*, sa place stratigraphique tend à la faire rapporter.

Pour rendre plus clair l'exposé des résultats auxquels nous a conduits notre étude du Saint-Loup, nous le diviserons en trois parties : la première comprendra la stratigraphie proprement dite, c'est-à-dire la description lithologique et paléontologique des divers étages ou assises; la deuxième aura pour objet les phénomènes dynamiques successifs auxquels est due l'orographie actuelle, si singulière, de la région ; la troisième enfin sera consacrée à la description détaillée d'itinéraires à l'usage des géologues qui voudraient constater *de visu* les faits qu'ils trouveront consignés dans le présent travail.

La carte géologique et la planche de coupes, qui complètent ce Mémoire, permettront de suivre aisément nos descriptions et de comprendre l'origine réelle du relief auquel nous venons de faire allusion, et que beaucoup de personnes, pour ne pas dire tout le monde, ont jusqu'à présent attribué à une cause qui n'est pas la vraie.

STRATIGRAPHIE.

TERRAINS LIASIQUES.

Sinémurien supérieur.

L'étage le plus ancien qui affleure au Saint-Loup est le Lias à gryphées, correspondant au Sinémurien supérieur. Il est constitué par des calcaires marneux très compacts et très durs, disposés en strates minces. Ces calcaires contiennent de nombreux spécimens de *Gryphæa obliqua*, de tailles très variées, mais parmi lesquels on n'en trouve aucun du type *Gryphæa arcuata*, ni du type *Gryphæa cymbium*. Avec ces gryphées, on rencontre quelques autres fossiles, Lamellibranches, Céphalopodes et Brachiopodes, généralement indéterminables, à cause surtout de la difficulté de les dégager de la gangue dans laquelle ils sont fortement empâtés. Nous avons cependant pu reconnaître *Waldheimia cor*.

Ces calcaires n'affleurent qu'en un seul point, en forme de mamelon, au fond de la combe de Mortiès, où ils supportent la ferme de ce nom. Cet affleurement, quoique de très faible étendue, prend cependant une importance considérable ; il sert, en effet, de centre à toute une série d'anneaux elliptiformes constitués par les affleurements successifs des divers étages jurassiques. Nous le rappellerons d'ailleurs à propos de chacun d'eux, et le nom de Mortiès reviendra souvent dans ce Mémoire, parce qu'il désigne le point géologique le plus intéressant du Saint-Loup.

Liasien et Toarcien.

Au-dessus des calcaires à gryphées viennent des marnes plus ou moins terreuses mais plutôt feuilletées vers le haut, où elles prennent l'aspect d'ardoise pilée. Ces marnes représentent le Liasien et le Toarcien réunis, car il est impossible d'y tracer la limite qui sépare les deux étages. La partie correspondant au

Liasien constitue à peu près tout le fond de la combe de Mortiès et se trouve masquée par les cultures. Les fossiles y sont, sinon rares, du moins difficiles à trouver, et nous n'y avons guère recueilli qu'*Ammonites margaritatus*.

Il n'en est pas de même heureusement de la partie correspondant au Toarcien et constituant la partie inférieure des talus du cirque de Mortiès. C'est sur ces talus ravinés que la marne prend l'aspect d'ardoise pilée dont nous parlions tout à l'heure, et qu'on trouve aisément les nombreux et beaux fossiles de la faune toarcienne, notamment *Ammonites serpentinus*, *A. bifrons*, *A. cornu copiæ*, *A. Callipso*, *A. heterophyllus*, *A. aalensis*, *A. radians*, *A. opalinus*, *Pleurotomaria rustica*, *Pl.* sp., *Belemnites paxillosus*, *B. tripartitus*, *Terebratula Leopoldini*, *Tisoa siphonalis*, *Nucula Hammeri*, etc.

On a signalé dans ces marnes, mais sans préciser dans quelle partie, la découverte du genre *Læptena*, un des rares survivants des types primaires.

L'affleurement des marnes liasiques n'a lieu que dans la combe de Mortiès, où il constitue le premier anneau autour du petit mamelon sinémurien déjà nommé.

TERRAINS OOLITHIQUES.

Oolithe inférieure ou Bajocien.

L'Oolithe inférieure ou Bajocien débute par une assez puissante assise de marnes feuilletées brunes, qui reposent directement sur les marnes toarciennes, et qui sont bien connues sous le nom de marnes à fucoïdes Elles renferment, parfois à profusion, de grandes et belles empreintes de *Cancellophycus* (*C. Scoparius*). En dehors de ces fucoïdes, les fossiles y sont extrêmement rares. Nous y avons cependant recueilli *Ammonites Murchisonæ* et *A. Parkinsoni*.

A leur partie supérieure, ces marnes changent de composition et d'aspect ; elles s'imprègnent de fer, elles deviennent rubigineuses, passent à des couches dolomitiques et font bientôt place

à des calcaires massifs, mal stratifiés, également rubigineux et remplis de silex informes, craquelés, cariés, ressemblant bien plus à du quartzite qu'à du silex proprement dit.

Cette partie supérieure rubigineuse du Bajocien est à peu près totalement dépourvue de fossiles, du moins de fossiles déterminables. On n'y rencontre de loin en loin que quelques fragments de bélemnites auxquels on ne peut sérieusement pas appliquer des noms spécifiques.

Nous ne comptons pas dans cette faune si maigre les débris informes d'encrines. Ceux-ci y pullulent pourtant, mais sont parqués dans certains bancs d'un calcaire grenu à la cassure duquel ils donnent l'aspect miroitant. Ces bancs de *calcaire à entroques* ne se montrent intercalés que dans la masse rubigineuse. On les voit, au Saint-Loup, sur le chemin de Mortiès à Saint-Jean-de Cuculles, mais ils se montrent bien plus nets dans les environs de Saint-Georges, à l'ouest de Montpellier, où l'Oolithe inférieure présente un développement très considérable.

L'affleurement du Bajocien, au Saint-Loup, affecte la forme annulaire et entoure complètement les marnes toarciennes. C'est le second anneau disposé autour du mamelon de Mortiès.

Grande Oolithe ou Bathonien.

Au-dessus du Bajocien rubigineux et silicifère, vient un assez puissant ensemble de couches primitivement calcaires et qui ont été, par la suite, le siège de phénomènes de dolomitisation et de silicification, qui les ont plus ou moins transformées. Ces phénomènes sont loin d'avoir eu la même intensité partout. En effet, à des distances même très rapprochées, la composition de l'étage varie et, après l'avoir étudié sur plusieurs points, on voit qu'il est constitué par des séries de couches qui ne sont point identiques. Ainsi, sur le chemin de Mortiès à Saint-Jean-de-Cuculles, on compte successivement des bancs de dolomie brune, des bancs de calcaire cristallin gris, des dolomies brunes saccharoïdes, d'autres plus compactes, littéralement lardées de silex ramifiés,

enfin de nouvelles dolomies brunes et saccharoïdes. Au nord de la ferme de Cortez, on ne trouve guère que les dolomies saccharoïdes. Au sud de la Figarède, les dolomies sont encore, et de beaucoup, prépondérantes ; on y trouve toutefois les couches à silex ; mais celles-ci, non seulement y sont beaucoup moins développées, mais encore se montrent vers la base de la formation, au lieu d'en constituer la partie supérieure comme sur le chemin de Saint-Jean.

Si l'on voulait comparer la composition lithologique du terrain avec celle qu'il présente dans les régions éloignées du Saint-Loup, on trouverait des différences encore bien plus considérables. Entre Saint-Georges et Grabels, par exemple, il consiste à peu près exclusivement en calcaires à silex ; à Mourèze, il ne renferme que de la dolomie, etc.

Cependant, en dépit de ces différences, la complexité du terrain n'est qu'apparente. Quels que soient leur développement et leur ordre d'alternance, ce sont toujours les mêmes roches qui le constituent, et la conclusion est bien, comme nous le disions tout à l'heure, qu'on est en présence d'un grand tout, très simple à l'origine, mais que des phénomènes ultérieurs de minéralisation ont défiguré.

Le terrain ainsi défini est partout recouvert par l'Oxfordien ; dès lors, bien que, jusqu'à ces derniers temps, il ait pu être considéré comme sans fossiles, sa position stratigraphique permettait d'en faire l'équivalent de la Grande Oolithe ou Bathonien. Nos recherches personnelles, au point de vue paléontologique, ont confirmé cette manière de voir, en nous faisant découvrir une faune, malheureusement en mauvais état, mais relativement riche, et dans laquelle nous avons reconnu, notamment : *Ammonites tripartitus*, *A. Parkinsoni*, *Ostræa costata*, *Terebratula coarctata*, *Ter. flabellum*, *Ter.* cf *diptycha*, *Ter.* cf *garantiana*, *Avicula inæquivalvis*, *Opis lunulata*, *Rhynchonella Boueti*, *Pecten lens*, *Hinnites abjectus*, *etc.*

Cette faune n'a été rencontrée, jusqu'ici, que dans un banc de

calcaire cristallin gris d'environ 2 mèt. d'épaisseur, en partie respecté par le phénomène de dolomitisation, et que l'on trouve intercalé dans la masse dolomitique, sur le chemin de Mortiès à Saint-Jean, non loin de la gorge du ruisseau d'Yorgues. La quantité de débris organiques contenus dans ce banc calcaire autorise à penser que la formation tout entière pouvait être très fossilifère avant d'avoir été transformée par l'action magnésienne.

L'affleurement du Bathonien est annulaire comme ceux des étages précédents et il constitue le troisième anneau autour du mamelon de Mortiès.

Oxfordien.

Callovien? — Immédiatement au-dessus de l'ensemble dolomitique qui précède, vient une assise calcaire, épaisse de quelques mètres seulement, mais très remarquable. Cette assise, constituée par des strates minces et plus ou moins redressées, prend un aspect ruiniforme et, par conséquent, assez pittoresque, auquel contribue sa couleur extérieure blanc de céruse qu'elle doit à une très légère altération superficielle, et aussi aux lichens dont elle est incrustée. Elle tranche donc nettement entre le Bathonien dolomitique brun et l'Oxfordien calcaréo-marneux noirâtre qu'elle sépare. Le fait est apparent partout, mais principalement sur le chemin qui va de Cazevieille à Mortiès, entre le Saint-Loup et Cortez.

Sauf vers l'Est, où elle présente une courte interruption, par suite de faille, l'assise en question forme une ligne continue, dessinant le bord externe de l'affleurement de la Grande Oolithe. Nous n'avons pu la représenter sur la carte, à cause de sa trop faible épaisseur, mais elle y est figurée en fait par la ligne ponctuée qui sépare le Bathonien de l'Oxfordien.

Ainsi que nous l'expliquerons dans la troisième partie de ce Mémoire, notre assise joue, sur certains points, notamment au ravin de la Crouzette et tout en haut du ruisseau de la Déridière, le rôle très marqué de mur de faille. En effet, les dislocations auxquelles est dû le relief de la région du Saint-Loup ont amené



des glissements qui ont eu pour principal effet de faire disparaître tout ou partie de l'Oxfordien.

Or, ces glissements se sont précisément produits sur l'assise dure et résistante dont nous parlons, et dont la face supérieure se montre à nu de loin en loin, un lavage énergique ultérieur l'ayant débarrassée des marnes terreuses supérieures de l'Oxfordien, avec lesquelles elle avait été mise directement en contact.

Nous venons de dire que l'assise se faisait remarquer par sa couleur extérieure blanche. Hâtons-nous d'ajouter que cette couleur n'est point celle de sa pâte, qui est noire ou grise, comme, suivant les points où on l'observe, elle est plus ou moins compacte ou grenue. En outre, bien que la roche soit absolument distincte de la dolomie bathonienne sous-jacente, elle a évidemment subi l'influence des phénomènes de minéralisation qui ont affecté la Grande Oolithe ; elle se montre un peu dolomitique, et elle renferme de loin en loin quelques silex. Enfin, comme la formation qui lui succède immédiatement n'offre plus aucun de ces caractères, on est tenté, en se plaçant exclusivement au point de vue lithologique, de rattacher l'assise aux couches sous-jacentes et d'en faire le toit du Bathonien.

Cependant, l'assise contient des fossiles qui sont en majorité calloviens, notamment *A. macrocephalus*, *A. coronatus*, *A.* cf *anceps*, avec *Terebratula* cf *bradfordiensis*, etc.

Nous rappellerons qu'une assise analogue, ayant les mêmes caractères paléontologiques, se montre dans le Gard, au même niveau, c'est-à-dire au dessus des dolomies bathoniennes; mais, dans le Gard, elle est suivie de marnes contenant une faune très riche et essentiellement callovienne.

M. Jeanjean a fait de ces marnes le Callovien proprement dit, et il a rattaché l'assise sous-jacente au Bathonien, tout en constatant les affinités de sa faune avec la faune callovienne. Au Saint Loup, les marnes du Callovien font défaut, et rien n'y rappelle l'étage que la faune recueillie dans l'assise séparant le Bathonien de l'Oxfordien. Cette assise prend dès lors, et par le fait même, une importance considérable; aussi, tout en reconnaissant ses carac-

tères mixtes, qui indiquent évidemment une zone de passage, nous avons cru pouvoir la classer avec l'Oxfordien et, comme elle joue dans le relief de la région un rôle particulier et remarquable, nous la désignerons sous le nom d'*Assise callovienne.*

Oxfordien proprement dit. — Là, où notre série jurassique n'a pas été dérangée par les failles, c'est-à-dire à l'Ouest, vers Cazevieille, tous les étages se succèdent normalement, et l'on y passe de l'assise callovienne à l'Oxfordien proprement dit sans remarquer aucune lacune. L'Oxfordien y est constitué par des calcaires marneux, dont les bancs ne tardent pas à alterner avec des marnes qui finissent même par devenir prépondérantes vers le haut de l'étage. Tout cet ensemble, assez puissant, est fossilifère, mais surtout les marnes, dans lesquelles on trouve de très abondants individus des principales espèces oxfordiennes. La faune consiste presque exclusivement en Céphalopodes, auxquels se mêlent quelques Lamellibranches. Les autres types animaux y sont très rares. Les gisements les plus riches se montrent sur le chemin de la Figarède aux Matelles, dans le ruisseau de la Déridière à Sueuilles, dans la plaine de Cazevieille et à l'est du village, enfin au ravin de la Crouzette. Nous y avons recueilli :

Ammonites cordatus, ***A. transversarius***, ***A. tortisulcatus***, ***A. plicatilis*** avec les principales variétés auxquelles il est presque impossible de mettre des noms, ***A. perarmatus***, ***A. Henrici***, ***A. compsus***, ***A. arduennensis***, ***A. Delemontanus***, ***Belemnites hastatus***, ***Pecten*** sp., ***Ostrœa***, sp., ***Pentacrinus*** sp...

L'affleurement de l'Oxfordien forme autour de l'assise callovienne une bande qui, d'abord assez large, à l'Ouest, s'amincit au Nord et au Sud, pour se terminer en deux pointes effilées. L'une de ces pointes s'arrête au ravin de la Crouzette, l'autre à quelques cents mètres au sud de la ferme de Saint-Aunès. De sorte qu'au lieu de constituer un nouvel anneau autour du mamelon de Mortiés, l'affleurement de l'Oxfordien proprement dit forme en réalité un croissant. Cela est dû à une faille semi-circulaire que nous expliquerons plus loin, dans notre second chapitre.

Corallien.

Toutes les assises jurassiques supérieures à l'Oxfordien marneux sont calcaires, et elles constituent un puissant ensemble si intimement uni et, en apparence, si homogène, qu'on est tenté de les classer en bloc sous la rubrique de Jurassique supérieur. Cet ensemble peut être défini lithologiquement de la manière suivante : 1° Tous les calcaires sont revêtus d'une patine très mince, résultant, comme pour notre assise callovienne, d'une légère altération superficielle et d'une incrustation de lichens. La patine est d'un jaune très clair pour l'assise qui recouvre immédiatement l'Oxfordien ; elle est d'un blanc de céruse pour tout le reste. C'est au pied même du Saint-Loup, entre Cazevieille et le ravin de la Crouzette, qu'on peut le mieux apprécier cette différence de coloration extérieure présentée par l'assise de la base, et la constatation de ce fait est utile, car l'assise de calcaire jaune clair est un repère précieux. 2° Pour les calcaires à patine jaune, la pâte est encore marneuse, veinée souvent de calcite blanche, et sa couleur est noirâtre ou noir bleuâtre. Pour les autres calcaires, la pâte est lithographique et sa couleur brune d'abord, puis café au lait, enfin blanche ou blanc jaunâtre au sommet. Ces caractères, tirés de la couleur de la pâte, ont leur importance, car ils peuvent être utilement mis à contribution pour la reconnaissance des divers horizons stratigraphiques qui se trouvent confondus dans cette succession d'assises, sans limites apparentes ni même, on peut le dire, réelles, et où les fossiles sont très rares, lorsqu'ils ne font pas absolument défaut. 3° Les calcaires débutent par des bancs bien distincts, mais on ne tarde pas à y distinguer des soudures qui rendent la stratification moins nette, et qui finissent même par la rendre tout à fait confuse sur certains points. Cela s'observe surtout dans la partie supérieure, mais on le constate en réalité à un niveau quelconque de la formation, même dans l'assise des calcaires à patine jaune. 4° Enfin, tous les calcaires, quelle que soit l'assise considérée, peuvent se présenter sous un aspect ruiniforme, qui, généralement, va s'accentuant de la

base au sommet, mais qui, en certains endroits, affecte également toutes les assises, et apporte ainsi dans l'ensemble une telle confusion qu'on n'y peut plus rien distinguer.

Cependant, ce Jurassique supérieur, tel que nous venons de le définir, représente les différents horizons qui, à la faveur de gisements moins tourmentés, ont été facilement reconnus dans les Cévennes, c'est-à-dire la zone à *A. bimammatus*, la zone à *A. polyplocus*, la zone à *Pygope Janitor* et la zone à *Terebratula moravica*. Au Saint-Loup, ces quatre zones existent, mais, d'après ce qui précède, on comprendra qu'il ne faut pas songer à les délimiter séparément d'une façon précise, et lorsque nous avons été mis dans l'obligation de les représenter sur notre carte, nous nous sommes évidemment inspirés des caractères propres à chacune d'elles et que nous allons exposer maintenant ; mais nous devons reconnaître que nos tracés résultent d'une appréciation où le sentiment a joué un rôle considérable.

Assise à A. bimammatus. — A ce point de vue des délimitations, il n'y a pas grande difficulté en ce qui concerne l'assise des calcaires à patine jaune clair et à pâte marneuse noire ou noir bleuâtre. Cette assise se distingue en général assez bien de ce qui la précède et de ce qui la suit, pour ne pas donner lieu à une confusion ; mais nous n'avons pas cru devoir la représenter sur la carte comme un terme spécial de notre série jurassique supérieure. Par sa position entre l'Oxfordien à *A. cordatus* qu'elle recouvre et l'assise bien caractérisée qu'elle supporte et dont nous parlerons bientôt, elle occupe évidemment, en totalité ou en partie, la place de la zone à *A. bimammatus* des Cévennes, à laquelle d'ailleurs elle est comparable lithologiquement, et par ses petits bancs, et par la couleur de la pâte calcaire. Nous n'y avons point trouvé *A. bimammatus* ; mais quelques autres types, qui l'accompagnent généralement, s'y sont montrés fort à propos pour nous confirmer le niveau stratigraphique auquel l'assise appartient. Nous citerons notamment : *Ammonites canaliculatus*, *A. compsus*, *Terebratula impressa*.

Cette assise affleure dans la région sous forme d'une bande annulaire et ininterrompue, bordant l'Oxfordien partout où il se montre, et lorsque celui-ci disparaît par faille, venant s'appliquer contre l'assise callovienne. On peut constater ce fait aisément partout, mais principalement sur le versant sud du Saint-Loup, de Cazevieille à Montferrand.

Assise à A. polyplocus. — Immédiatement au-dessus de la zone à *A. bimammatus*, et en parfaite concordance de stratification, apparaissent les premiers calcaires à patine blanche et à pâte lithographique plus ou moins brune, dont les bancs, en général bien distincts, se soudent néanmoins de plus en plus par places, et offrent l'aspect ruiniforme qui, nous l'avons dit, caractérise tout particulièrement notre Jurassique supérieur.

Ces calcaires sont ici extrêmement pauvres en fossiles et l'on peut fort bien passer une journée entière à observer leur surface sans y découvrir la trace d'aucun débris organique. Cependant nous y avons recueilli, de loin en loin, quelques fragments d'ammonites, se rapportant tous au groupe de l'*A. polyplocus*, et dont certains se rapprochent même tellement du type, qu'il est difficile de ne pas les confondre avec lui. Ces fragments, joints au caractère tiré de la place qu'occupent les calcaires dans la série stratigraphique, nous ont déterminés à rapporter ces derniers à la zone à *A. polyplocus* des Cévennes ; et comme les calcaires qui leur font immédiatement suite se présentent avec des caractères permettant de les en séparer, nous avons réuni nos deux assises à *A. bimammatus* et à *A. polyplocus*, pour faire du tout un équivalent du Corallien, considéré sous une large acception, et comprenant le Rauracien et le Séquanien.

Tithonique.

Assise à Pygope Janitor.— Ainsi que nous l'avons fait observer plus haut, il est impossible, au Saint-Loup, de saisir la limite précise où finit le Corallien et où commence le Tithonique. Tout ce que l'on peut dire, c'est que les calcaires précédents se continuent

en une nouvelle zone, où leur pâte devient plus claire, où leurs bancs se soudent de plus en plus pour constituer très fréquemment de véritables masses déchiquetées et ruiniformes, de l'aspect le plus pittoresque. Dans cette zone, nous avons constaté la réapparition du phénomène de silicification qui s'était produit si intense dans les couches de la Grande Oolithe, et qui s'est traduit ici par la formation, de loin en loin, de gros rognons de silex, tantôt blond et translucide, tantôt blanc et opaque, tantôt enfin l'un et l'autre à la fois, les parties blanches constituant alors comme une patine aux rognons les plus volumineux. On peut observer ces silex en plusieurs points, et notamment : 1° près Saint-Jean-de-Cuculles, au second lacet de la route qui va du village à Mortiés ; 2° au col de la poterne ; 3° à quelques cents mètres à l'Ouest de Cazevieille, au voisinage de la crête du Saint-Loup, etc. Ces rognons sont importants, parce qu'ils sont constants dans l'assise qui nous occupe et qu'ils la caractérisent presque aussi bien que le feraient des fossiles. On les y rencontre, non seulement au Saint-Loup, mais dans les régions environnantes et jusque dans les Basses Cévennes. La constitution lithologique de la zone est la même partout : calcaires à patine blanche, à pâte lithographique claire, et contenant de gros rognons de silex.

Cependant c'est dans cette zone à silex, généralement pauvre en débris organiques, qu'au voisinage et à l'Est de la région représentée par notre carte, M. le D[r] Bleicher a recueilli naguère un exemplaire de ***Pygope Janitor*** typique. C'est encore dans la même zone que d'autres exemplaires de la même espèce ont été trouvés dans les Cévennes, accompagnés d'un grand nombre de fossiles (Jeanjean). Enfin, nous avons eu nous-mêmes la bonne fortune de découvrir, un peu en dehors de la limite sud de notre carte, sur le chemin qui va des Matelles à la Figarède, un point, unique jusqu'à présent dans la région considérée, où les calcaires dont nous parlons sont, par exception, très fossilifères. Leurs bancs inférieurs, contre lesquels une faille fait buter l'Oxfordien, y présentent des surfaces hérissées de débris fossiles nombreux et variés, mais en majeure partie indéterminables, au moins spécifiquement, non seulement

parce qu'ils sont à l'état de débris, mais encore parce que, depuis très longtemps exposés à l'air, ils ont été peu à peu rongés et corrodés par les agents atmosphériques.

Comme la roche est à la fois très compacte et très cassante et les fossiles fortement empâtés, nous avons emporté de gros morceaux de calcaire, d'où, avec du temps et beaucoup de patience, et avec plus ou moins de succès, nous sommes parvenus à dégager une série de formes qui nous ont révélé une faune fort intéressante. Celle-ci comprend surtout des cidaridés, représentés par des fragments de test et par des radioles, et parmi lesquels nous croyons avoir reconnu les genres *Cidaris*, *Hemicidaris* (*H.* cf *crenularis*), *Rhabdocidaris.*

Avec ces fossiles, nous avons trouvé *Rhynchonella inconstans*, *Waldheimia* cf *humeralis*, etc., et, à notre assez grande surprise, une térébratule, représentée jusqu'à présent par un seul spécimen de taille moyenne, plutôt petite, et dont la forme est absolument celle de *T. moravica*. Or, *T. moravica* existe bien dans la région, mais à sa place ordinaire, c'est-à-dire tout en haut du Tithonique, où nous aurons à la signaler bientôt. Enfin, dans un de nos blocs, nous avons également trouvé deux exemplaires d'une *Pygope*, représentés chacun par une seule valve (valve dorsale ou petite valve). Ils sont de taille moyenne, plutôt petite, de forme bifide et à branches très écartées. A part ce dernier caractère, que l'on peut d'ailleurs rencontrer chez les *Pygope* connues, et qui semble être un indice de jeune âge, notre espèce n'est comparable qu'à la *Pygope Janitor*.

Il n'y a donc pas lieu d'hésiter quant à l'horizon stratigraphique auquel se rapportent nos calcaires lithographiques à silex ; ils se placent d'eux-mêmes dans le Terrain tithonique, dont ils représentent, comme ailleurs, la portion inférieure. Ils y affleurent comme les précédents, sous forme d'une large bande, mais très allongée vers l'Ouest, et constituent le septième anneau autour du mamelon de Mortiès.

Assise à Terebratula moravica. — Nous voici maintenant au

sommet de notre série jurassique. Son dernier terme est généralement beaucoup mieux caractérisé que ceux qui le précèdent immédiatement. Sans doute, sa limite inférieure est encore difficile à saisir ; mais en somme on peut la serrer de près. C'est, en effet, presque brusquement qu'on passe des calcaires à pâte grise sous-jacents, aux calcaires à pâte tout à fait blanche ou exceptionnellement jaunâtre, qui constituent notre nouvelle et dernière assise jurassique. En outre celle-ci est fossilifère de bas en haut. Toutefois, les fossiles y sont très inégalement répartis; tantôt ils y pullulent, tantôt ils y sont rares. La raison en est que notre assise est une formation de type coralligène, dans laquelle sont disséminés des récifs de polypiers, où l'on peut trouver tout le bagage paléontologique qu'on y a depuis longtemps signalé dans quelques gisements célèbres des Cévennes, notamment au bois de Mounié, près Pompignan. Enfin, on y rencontre des rognons siliceux particuliers, plutôt à l'état de quartz hyalin qu'à celui de silex.

On voudra bien remarquer la définition que nous venons de donner de nos calcaires blancs. Nous ne faisons pas de leur totalité un accident coralligène, un immense récif, mais au contraire une assise contenant des récifs, ce qui, on le voit, est bien différent. Il est vrai que, sur beaucoup de points et sur de grandes étendues, ils sont massifs, ruiniformes, en un mot, à l'état de calcaires construits, et alors ils sont très fossilifères ; mais sur beaucoup d'autres points, ils se montrent en gros bancs, nettement assisés, et alors ils ne contiennent que peu ou point de fossiles. Il y a donc lieu de les considérer, ainsi que l'a fait M. Jeanjean, comme une assise indépendante, d'autant plus qu'ils ne sont nulle part inclus dans l'assise sous-jacente à P. Janitor et qu'ils lui sont au contraire toujours et partout superposés. Cependant, ils ne l'accompagnent pas partout; la face supérieure de l'assise à *P. Janitor* est souvent à nu ou supporte directement des formations plus récentes, et ce dernier fait mérite d'être noté d'une façon spéciale, car il a une importance considérable que nous aurons bientôt l'occasion de faire ressortir et dont nous tâcherons de tirer parti.

Notre carte n'embrasse qu'une très faible portion de l'immense surface d'affleurement de la zone à *T. moravica*. Cet affleurement s'étale vers l'Ouest, où il encapuchonne celui de la zone à *P. Janitor*.

Les points fossilifères y sont nombreux ; nous citerons notamment : 1° le gisement de la Pourcaresse, compris dans notre carte et offrant un petit récif, où nous avons recueilli un certain nombre de Polypiers des genres *Columnaria*, *Dendrogyra*, *Thecosmilia*, en compagnie de *T. moravica*, *Cidaris glandifera*, *Heterodiceras Luci*, *Waldheimia humeralis*, *Cardium corallinum*, etc. ; 2° le gisement de Laval, près Saint-Gély-du-Fesq ; 3° les environs de Murles, où abondent les Nérinées, les Diceras, les Polypiers ; 4° les environs de Saint-Bauzille-de-Putois, etc.

TERRAINS INFRACRÉTACÉS.

Néocomien.

Immédiatement après la zone à *T. moravica* vient un puissant ensemble de dépôts calcaréo-marneux, dans lesquels on peut assez facilement établir trois divisions qui correspondent aux trois étages du Néocomien. Dans les divisions inférieure et supérieure les calcaires prédominent, tandis que la division moyenne est presque entièrement marneuse. Celle-ci est, au Saint-Loup, à peu près totalement dépourvue de fossiles, mais les deux autres contiennent chacune une faune bien caractérisée.

Berriasien. — Dans les calcaires qui s'appuient directement sur le Tithonique nous avons recueilli : *Ammonites Malbosi*, *A. neocomiensis*, *A. berriasiensis*, *A. privasensis*, *A. grasianus*, *Terebratula moutoniana*, *Rhynchonella Malbosi*, *Pecten Euthymi*, *Fucus neocomiensis*, etc.

Nous n'avons pas eu la bonne fortune de mettre la main sur un seul exemplaire de *Pygope diphyoïdes*, qui, dans presque tous les affleurements de cet étage, se montre en compagnie des types que nous venons de citer. Il est très probable que des recherches ultérieures la feront découvrir ; mais, dans tous les cas, son absence

de nos collections du Saint-Loup n'empêche pas la faune qui précède de caractériser nettement le Néocomien inférieur ou Berriasien, qui se montre ici identique à celui des Cévennes.

Valenginien. — Des calcaires berriasiens, on passe insensiblement aux couches marneuses, dont nous faisons l'étage moyen du Néocomien ou Valenginien, en nous basant, d'une part, sur leurs caractères lithologiques, qui sont ceux de l'étage dans le Languedoc, et, d'autre part, sur la place qu'elles occupent entre le Berriasien et l'Hauterivien. Impossible de rien tirer de leurs fossiles qui, abondants dans certaines autres régions, ne consistent, au Saint-Loup, qu'en débris très rares et indéterminables.

Hauterivien. — Des marnes valenginiennes, on passe de même insensiblement à des couches où le calcaire redevient prédominant, au moins autant que dans le Berriasien. Ces couches, qui entrent dans la composition du mont Hortus et en constituent le talus jusqu'à l'abrupt exclusivement, sont, sur presque toute leur surface d'affleurement embrassée par notre carte, cachées par des éboulis; il n'y a guère que vers le col de Fonbétou qu'on puisse les observer aisément et constater qu'elles sont assez pauvres en fossiles. On y trouve pourtant, avec quelques Gastéropodes, de nombreux spécimens d'une petite Rhynchonelle ; nous avons également recueilli sur le talus de l'Hortus, en face de la ferme de la Plaine, un nautile en mauvais état, que, par analogie seulement avec ceux qu'on rencontre en abondance dans un gisement très voisin, nous rapportons au *Nautilus pseudo-elegans*.

Ce gisement voisin, dont nous parlons, se montre vers le N.-E et un peu au delà de notre carte, dans les environs immédiats du village de Valflaunés. Là, nos couches deviennent très fossilifères. Ce n'est point que leur faune soit riche en espèces, mais elle est remarquable par la quantité d'individus qui y représentent certains types, notamment et surtout *Ammonites radiatus* et *Nautilus pseudo-elegans*, auxquels se joignent quelques spécimens de *Toxaster complanatus* *d'Ostræa Couloni*, etc., toutes formes,

on le voit, caractéristiques du Néocomien supérieur ou Hauterivien.

Urgonien inférieur ou Cruasien. — Nous avons donc au Saint-Loup un Néocomien complet ; mais il n'y clôt pas la série des formations secondaires. En effet, sur l'Hauterivien repose en parfaite concordance de stratification une assise de quinze à vingt mètres d'épaisseur, exclusivement constituée par un calcaire en gros bancs. Celui-ci se développe sur une immense surface et forme le grand Causse, qui s'étend de la crête de l'Hortus, jusqu'à Pompignan. Il est très compact, sublithographique ; sa pâte est jaunâtre et rappelle, sur certains points, à s'y méprendre, certains calcaires du Berriasien. Comme nos calcaires tithoniques, il est superficiellement recouvert d'une mince patine blanche, et sa surface dénudée, très rocailleuse, offre à un haut degré, l'aspect ruiniforme. Nous y avons presque inutilement cherché des fossiles ; nous n'y avons, en effet, trouvé que quelques petits Brachiopodes que nous n'avons pu dégager ni déterminer.

Donc, jusqu'à ce qu'on y ait découvert une faune déterminable, ce n'est pas à l'aide des caractères paléontologiques que l'on peut fixer l'âge de ce calcaire supra-néocomien. En revanche, ses caractères lithologiques et, surtout, sa superposition directe à l'Hauterivien en font un équivalent de la base de l'Urgonien, des calcaires ruiniformes à *Ostræa macroptera* du château de Montoulieu, à l'Est de Ganges, du sous-étage Cruasien de M. Torcapel. Nous ne voyons pas qu'il soit possible de le synchroniser avec un autre horizon.

Ici se termine la série secondaire du Saint-Loup. On voit qu'elle s'est montrée continue depuis le Sinémurien supérieur. Après elle, viennent des dépôts tertiaires lacustres, dont l'assise la plus inférieure correspond au sommet de l'Eocène. Entre ces deux limites extrêmes existe donc une immense lacune qui permet de juger du temps pendant lequel notre région est restée émergée.

Nous allons parler de ces dépôts tertiaires auxquels leur développement en surface donne une importance relativement considérable ; mais auparavant, nous devons répondre à une question qui a

été souvent agitée et qui se pose ici d'elle-même tout naturellement. L'Infra-crétacé, ou plutôt le Néocomien du Languedoc, et par conséquent du Saint-Loup, repose-t il partout sur le Tithonique en concordance de stratification, ou bien existe-t-il entre les deux formations une discordance plus ou moins accentuée ?

Cette question est en suspens depuis une cinquantaine d'années, et, si elle n'est pas résolue, c'est évidemment parce qu'elle n'est pas facile à résoudre, car elle a été discutée par les géologues les plus compétents et les plus consciencieux.

Les partisans de la concordance disent en substance : 1° Sur tous les points où il a été possible d'observer le contact du Tithonique ou Jurassique supérieur avec le Néocomien, on a constaté le parallélisme de leurs couches ; 2° le mouvement ou le système de dislocation qui a fait émerger le Tithonique, qui l'a soulevé et redressé est post néocomien, car, 3° il fut un temps où le Jurassique supérieur était totalement recouvert par le Néocomien, et si celui-ci n'existe plus guère qu'autour et en contre-bas du massif tithonique redressé, c'est qu'il a été enlevé de dessus ledit massif par l'érosion qui a suivi le mouvement de dislocation. D'ailleurs, sur la surface du Tithonique, on a signalé l'existence d'un ou deux lambeaux ou ilots de Néocomien qui, grâce, soit à la place qu'ils occupent dans de légères dépressions dues à des plis synclinaux, soit à d'autres circonstances, ont été en partie respectés par l'érosion. Ce sont là des témoins précieux qui confirment l'ancien et total recouvrement du Jurassique supérieur par le Néocomien.

Les partisans de la discordance des deux terrains répondent : Sans doute il est difficile de nier le parallélisme des couches tithoniques et néocomiennes ; il n'existe, en effet, pas de point où il puisse être sérieusement contesté. Cependant, en dépit de ce parallélisme apparent, il faut bien qu'il y ait discordance, car il est encore moins contestable que le Néocomien est transgressif, qu'il repose directement et simultanément sur chacune des deux assises tithoniques, celle des calcaires gris à *P. janitor* et celle des calcaires blancs à *T. moravica*. Ils ajoutent, en outre, que les

caractères lithologiques et paléontologiques du Néocomien sont absolument différents de ceux du Tithonique ; qu'il est impossible de confondre leurs calcaires et leurs faunes ; enfin que le passage de l'un à l'autre a lieu brusquement et qu'il n'existe point entre eux une de ces zones de transition insensible dans lesquelles on voit la preuve qu'un terrain a été la continuation directe et ininterrompue de celui sur lequel il repose.

Tels sont, en résumé, les principaux faits invoqués pour et contre la concordance des formations en question ; et les deux opinions en présence paraissent d'autant plus arrêtées, irréductibles, inconciliables que les arguments sur lesquels elles s'appuient respectivement sont tous parfaitement fondés.

D'une part, le parallélisme des couches tithoniques et néocomiennes parait bien en effet exister partout, car si l'on hésite à admettre qu'il est absolu, on ne se sent pas davantage en mesure d'affirmer qu'il ne l'est pas. La dislocation du Tithonique et du Néocomien paraît bien due à un même mouvement, puisque, quels qu'aient été les effets locaux de ce dernier, partout le Néocomien épouse l'allure du Tithonique. Il faut bien aussi qu'il y ait eu érosion et destruction à peu près complète du Néocomien sur toute la masse tithonique redressée, car, si peu disposé qu'on soit à admettre un coup de balai aussi consciencieux, on y est bien obligé, si l'on veut expliquer l'existence des lambeaux isolés de Néocomien sur la surface dudit Tithonique. Nous connaissons un de ces lambeaux tout petit, mais très intéressant, à trois kilomètres à l'est de Saint-Bauzille-de Putois ; il en existe un autre, mais beaucoup plus vaste, au sud-ouest de Ganges.

D'autre part, on ne peut pas nier la transgressivité du Néocomien sur les deux assises tithoniques ; elle est facile à constater sur plusieurs points, notamment au Saint-Loup. Quant aux arguments tirés de la différence profonde qui se manifeste brusquement entre les caractères lithologiques et paléontologiques des deux terrains superposés, ils ne sont pas plus discutables.

Il semble donc qu'on soit là dans une situation inextricable.

Pourtant, la simplicité, tout le monde en convient, est, par excellence, la loi de la nature, et nous nous demandons si le désaccord que nous venons de rappeler ne provient pas uniquement d'une incomplète compréhension des faits qu'on place d'ordinaire sous la rubrique de concordance et de discordance.

Il importe donc de partir de notions claires.

Par concordance, on entend généralement le parallélisme de deux dépôts consécutifs, sans dérangement dans la stratification ; mais il faut bien observer que pareille notion n'exclut pas la réalité de ces mouvements, ni de ces arrêts de sédimentation dont la théorie des oscillations, depuis si longtemps établie, et si lumineuse pour expliquer la formation des strates successives d'un même terrain, fait un ordre de phénomènes absolument normal de l'économie du globe terrestre, et qui a pour essence de se répéter dans le temps.

Ces mouvements et ces arrêts peuvent atteindre une intensité et une durée quelconques. Or, au delà d'un certain degré d'amplitude de l'action dynamique et d'un certain délai dans l'action sédimentaire, des modifications peuvent se produire, aussi bien à la surface des couches que dans les conditions de la vie, dont l'importance implique la réalité d'une vraie solution de continuité, laquelle fait précisément le caractère de la discordance.

Telle est la situation d'un dépôt horizontalement placé sur un autre, horizontal lui-même, mais qui aurait été plus ou moins érodé antérieurement ; il y aurait parallélisme et absence de dérangement des strates ; l'érosion n'en témoignerait pas moins d'une exondation temporaire et d'un arrêt notable dans la sédimentation

Telle encore, la superposition en parfait parallélisme et sans aucun dérangement des strates, du terme C sur le terme A d'une même série, avec lacune du terme B ; sans compter que dans quelques autres cas, le parallélisme observé peut n'être, sur le lieu de l'observation, qu'exceptionnel et local, lorsque des couches très plissées se trouvent recouvertes dans la portion horizontale de leurs plis allongés, par une formation plus récente d'une parfaite horizontalité ; la discordance éclaterait plus ou moins loin du point précis de l'observation.

On le voit, la double condition de parallélisme et d'absence de dérangement dans la stratification se concilie parfaitement avec la discontinuité des dépôts et même avec un changement dans les conditions géographiques ; car la surface érodée, invoquée plus haut, suppose nécessairement une exondation, si peu violente ou brusque qu'elle ait été, suivie plus tard d'une subsidence qui a permis à la mer, dont la faune a pu durant ce temps se modifier, de former de nouveaux dépôts.

Il y aurait donc, à nos yeux, urgence à introduire dans la langue géologique le terme de *Parallélisme* pour exprimer uniquement la simple disposition que ce terme révèle ; à conserver celui de *Discordance* pour désigner des dépôts offrant des traces irrécusables de solution de continuité de sédimentation (dénudation, différences d'inclinaison, lacune, transgressivité, etc.), et celui de *Concordance* pour signifier deux dépôts ne présentant entre eux aucune de ces traces de discontinuité dans le temps.

Sous le bénéfice de cette terminologie, deux dépôts pourront être dits *parallèles* et *discordants*.

Appliquons ces observations à l'examen des relations de notre Tithonique et du Berriasien ; personne ne conteste leur parallélisme (ancienne concordance) ; c'est donc, avons nous déjà dit, un premier fait acquis à la discussion, et nous ne saurions l'énoncer mieux qu'en empruntant à Lory le texte même de ses conclusions sur les rapports du Néocomien et du Jurassique dans le champ de ses observations :

« Dans le Dauphiné et dans tous les pays voisins, la Savoie, le Jura, la Provence, etc., le *terrain néocomien repose toujours sur les dernières assises jurassiques* qui existent dans le pays. Au passage d'un terrain à l'autre, on n'observe aucune différence sensible dans les inclinaisons des couches ; les premières couches néocomiennes sont *parallèles* aux dernières couches jurassiques ; jamais on ne les voit reposer sur les tranches de celles-ci, ni venir buter par leurs extrémités contre une saillie ou une *falaise* de roches jurassiques qui aurait servi de limite à leur dépôt. On doit conclure de là que, dans cette série de mouvements du sol qui ont

eu lieu pendant la suite des temps jurassiques et le commencement de la période néocomienne, les couches jurassiques ont été exhaussées successivement et mises à sec, puis replacées sous les eaux de la mer, sans être sensiblement dérangées de leur position horizontale, sans être disloquées et soulevées, comme elles l'ont été *plus tard*, de manière à former des chaînes de montagnes. Elles constituaient un fond de mer uni ou n'offrant que de grandes ondulations et des pentes très douces, un bassin continu, plus ou moins profond dans ses diverses parties, mais non entrecoupé de presqu'îles, d'îles et de récifs, comme l'ont supposé plusieurs géologues[1] ».

Toutefois, une circonstance importante s'observe dans notre horizon, que Lory n'a pas eu l'occasion de relever dans les Alpes : c'est celle de la superposition parallèle du Berriasien à la fois sur *Janitor* et sur *Moravica*. Or, cette relation stratigraphique constitue le fait classique de discordance par transgressivité. Nous sommes donc amenés à clore la discussion en affirmant que, dans notre région, le Néocomien et le Jurassique sont ***parallèles*** mais ***discordants***[2].

TERRAIN TERTIAIRE LACUSTRE.

Nous désignons, sous cette rubrique, des dépôts sur lesquels nous aurons à revenir plus tard, parce qu'ils se rattachent à une formation qui joue un grand rôle dans la Géologie du Languedoc, et qui nous fournira la matière d'un Mémoire spécial.

Au Saint-Loup, cette formation se montre à l'Est et au Nord-Ouest, et y recouvre, d'une part, la plaine de Saint-Mathieu-de-Tréviès et, d'autre part, la plaine de Saint-Martin-de-Londres. Elle comprend deux assises bien distinctes. L'inférieure est calcaire ; l'autre,

[1] Lory : *Description géologique du Dauphiné*, 1re partie (Paris, Savy, 1860).

[2] Pour ceux que certains indices, comme aussi un certain ordre de considérations, qui ont arrêté un moment l'un de nous, engageraient à ne voir dans notre *Assise à T. moravica* qu'une excroissance polypiérique, qui serait enveloppée par les couches à *P. Janitor* et se fondrait en elles latéralement, il n'y aurait pas transgressivité, *Janitor* et *Moravica* n'étant alors que des facies d'un même dépôt ; ceux-là seuls pourraient parler de concordance.

essentiellement détritique, est constituée par des poudingues à éléments de toutes dimensions et plus ou moins fortement agrégés.

Dans la plaine de Saint-Martin, l'assise calcaire forme cuvette et n'affleure exclusivement qu'autour du bassin. Son affleurement est curieux et intéressant, surtout lorsqu'on le regarde du haut du pic Saint-Loup. Le calcaire, d'un blanc éclatant, souvent fragmenté et même terreux à la surface, se développe dans la plaine suivant une zone sinueuse, ondulée transversalement, et donne tout à fait l'illusion de vagues écumeuses venant déferler sur le Causse.

On trouve dans ce calcaire des coquilles d'eau douce, notamment ***Planorbis subrotundatus*** et ***Strophostoma subglobosa***, qui caractérisent l'assise supérieure de l'Eocène lacustre du Languedoc.

Les poudingues superposés à l'assise calcaire ne contiennent pas de fossiles, ou du moins nous n'y en avons pas trouvé. Mais, par analogie avec ce que nous savons de la série lacustre, dans plusieurs autres localités, nous considérons ces poudingues comme occupant ici la place de ceux qui ont fourni, ailleurs, des restes d'***Anthracotherium*** Ils sont donc oligocènes.

Au-dessus de ces poudingues, il n'existe plus rien dans les environs du Saint-Loup. La série stratigraphique y comprend donc: presque tout le Lias, tout l'Oolithique, la partie inférieure de l'Infracrétacé, enfin des dépôts tertiaires tenant par le bas à l'Éocène et par le haut à l'Oligocène.

DYNAMIQUE ET OROGRAPHIE.

Parmi les divers aspects sur lesquels se présente le Saint-Loup, suivant les points d'où on le regarde, il en est deux que nous ne pouvons nous empêcher de décrire, non seulement parce qu'ils sont les plus intéressants et les plus connus, mais parce qu'ils contribuent beaucoup à la clarté des explications que nous allons donner des mouvements auxquels nous rattachons le relief actuel de la région.

Vu du Sud, par exemple, de Montpellier, le Saint-Loup se profile

suivant une ligne, d'abord légèrement sinueuse, qui, à l'Ouest, quitte l'horizon à peu de distance de la Pourcaresse, monte lentement, atteint son maximum d'altitude à l'Ermitage, après quoi elle descend brusquement jusqu'au col de la Poterne, puis se relève, devient plus sinueuse, se maintient à une altitude moyenne très inférieure par rapport à sa première partie, enfin, un peu après les ruines de Montferrand, redescend brusquement jusqu'au niveau de la plaine de Saint-Mathieu. Le Saint-Loup apparaît donc comme une montagne se développant dans la direction Est-Ouest, sur une longueur de plus de six kilomètres, et se composant de deux parties, l'une plus courte et moins élevée que l'autre. C'est ce que montre la fig. 1 de la planche XIII. Vu de l'Est, le Saint-Loup se présente sous un aspect tout autre. Le profil de la région (fig. 2, Pl. XIII) est celui d'une vallée large et profonde, comprise entre deux montagnes, coupées verticalement du côté de la vallée et disposées parallèlement. Les choses ne sont point exactement ainsi, mais c'est l'impression qu'elles donnent, vues de loin. La montagne située à gauche, c'est-à-dire au Sud, est le mont Saint-Loup; l'autre, située au Nord, est le mont Hortus, et la vallée est dite combe de Montferrand ou du mas Rigaud.

Pour tout le monde, ou à peu près, cet état de choses s'est expliqué jusqu'ici de la façon suivante : Le Saint-Loup et l'Hortus ne faisaient qu'un jadis, lorsqu'une cassure, dirigée Est-Ouest, partagea la masse en deux parties qui furent inégalement redressées, savoir : la partie Sud pour former le Saint-Loup, la partie Nord pour former l'Hortus, et de l'écartement des deux parois de la fente résulta la combe du mas Rigaud. Or, cette explication est absolument erronée, et c'est à la rectification de l'erreur courante que nous consacrons le second chapitre de ce Mémoire.

Qu'on veuille bien se reporter à notre carte et ne la considérer momentanément qu'au point de vue physique. On verra facilement que la région qu'elle représente comprend deux versants, l'un au N.-O., auquel appartiennent tous les ruisseaux et ravins de la plaine de Saint Martin-de-Londres; l'autre au S.-E., auquel

appartiennent les ruisseaux et ravins qui vont vers la plaine de Saint-Mathieu-de-Tréviès. Ce dernier versant pourrait à la rigueur être subdivisé à son tour en deux, mais cela n'aurait pas d'importance, puisqu'ils finissent par se rejoindre. La ligne de partage des eaux est constituée par la crête de l'Hortus, par le col de Fonbétou et par la moitié occidentale de la crête du Saint-Loup. La moitié orientale de cette dernière ne joue ici qu'un rôle secondaire; c'est elle, en effet, qui marque la subdivision en deux du versant S.-E., subdivision dont nous ne tenons pas compte.

Qu'on fasse maintenant passer un méridien par le col de Fonbétou. Ce méridien rencontrera en deçà du Saint-Loup, c'est-à-dire au Sud, un autre col, disposé comme le premier et qui s'appelle dans la contrée, le col de Cortez.

A l'est de ce méridien se trouvent deux combes, savoir : au Nord du Saint-Loup, la combe du mas Rigaud, déjà citée; au Sud du Saint-Loup, la combe de Mortiès, moins vaste que la précédente, mais similairement placée et lui faisant pendant. La première s'ouvre dans la plaine, d'un côté, par Valflaunès et, d'un autre côté, par Saint-Mathieu, les deux issues étant séparées par un petit massif que contournent les routes indiquées sur la carte. La combe de Mortiès s'ouvre seulement au S.-E., par le ravin où coule le ruisseau d'Yorgues. Ajoutons que les deux combes débutent brusquement, c'est-à-dire que, des deux cols qui les limitent à l'Ouest, on n'y descend que par des plans très inclinés, presque à pic.

A l'ouest du même méridien, on trouve deux plaines, savoir : une plaine basse ou plaine de Saint-Martin-de-Londres, dans laquelle on descend rapidement, après avoir franchi le col de Fonbétou, et une plaine haute, ou plateau de Cazevieille, sur lequel on se trouve aussitôt après avoir franchi le col de Cortez.

D'après ce qui précède, il semble bien que les deux combes du mas Rigaud et de Mortiès, qui se font pendant et se ressemblent d'une façon si singulière, soient dues toutes deux à un même phénomène d'érosion qui les aurait creusées simultanément l'une et l'autre. C'est précisément ce qui est arrivé, mais à la suite de

phénomènes de dislocation qui sont loin d'avoir été les mêmes pour l'une et pour l'autre.

Pour nous bien faire comprendre, disons de suite, nous le démontrerons après, que le relief actuel de la région est le résultat d'au moins deux mouvements successifs[1], dûs à une force interne inconnue, mais toujours la même probablement, et qu'on incarnerait volontiers dans un dyke éruptif qui ne serait pas venu jusqu'au jour. Quoi qu'il en soit de cette force, elle a agi par deux fois sur les mêmes points et à des époques qu'on ne peut préciser que d'une façon très relative.

Le point où s'est produit l'effort dynamique maximum est situé juste au-dessous de ce fameux mamelon sinémurien de Mortiès, dont nous avons si souvent parlé, et qui représente l'assise affleurante la plus ancienne du Saint-Loup.

Le premier mouvement a eu lieu pendant la période comprise entre le dépôt de notre dernière assise infracrétacée, que nous avons rapportée au Cruasien, et le dépôt du Garumnien, extrême sommet du Crétacé proprement dit. Ce terrain n'existe pas au Saint-Loup ; mais à une certaine distance au Sud, il prend un grand développement et l'on trouve alors dans ses poudingues des morceaux de toutes les roches qui entrent dans la composition de notre série secondaire.

Ce mouvement, qui s'est fait sentir très loin, n'a guère produit en dehors de nos limites, que des dislocations ordinaires, n'offrant par elles-mêmes rien de particulièrement remarquable, tandis qu'au Saint-Loup, son effet a été des plus singuliers. La force interne qui l'a déterminé s'est exercée là spécialement sur un rayon de 2 kilom. tout au plus. Agissant sous Mortiès, elle a produit un soulèvement en ampoule ou en dôme ellipsoïdal, dont le grand axe était parallèle à la partie occidentale et principale du Saint-

[1] Il n'est plus question ici du mouvement auquel nous avons attribué la discordance par transgressivité du Néocomien sur le Tithonique, parce que ce mouvement ne semble pas avoir sensiblement contribué au relief dont nous nous occupons.

Loup, c'est-à-dire dirigé E. N. E — O. S. O. Tant que l'élasticité des couches s'est prêtée au mouvement, l'ampoule a subsisté ; mais dès que le maximum de l'élasticité a été dépassé, l'ampoule a éclaté, le redressement des couches a continué dans tous les sens, toutefois avec une intensité beaucoup plus marquée du côté nord, où a eu lieu un véritable refoulement et une pression qui a été poussée jusqu'à l'écrasement. L'érosion survenant ensuite a curé l'ampoule jusqu'au Sinémurien, créant ainsi la combe de Mortiès, et a rasé tout le reste De là, les zones concentriques sous lesquelles affleurent les divers étages jurassiques.

En même temps, le refoulement vers le Nord a fortement endommagé le Néocomien. Ses couches redressées, cédant à la pression, ont fini par s'écraser jusqu'à une certaine distance, et c'est dans la zone ainsi tourmentée, que la même érosion a creusé la combe du mas Rigaud.

En résumé, la combe du Mas Rigaud est le résultat d'une simple érosion, succédant de plus ou moins près à un redressement et à une compression énergiques, tandis que la combe de Mortiès est due à une érosion survenue après une fracture, conséquence d'un soulèvement très particulier et très localisé, présentant les principaux traits d'un soulèvement de Thurmann.

Au surplus, cette courbe si singulière de Mortiès n'est pas la seule de son espèce. En suivant vers le Sud-Ouest l'affleurement jurassique, on en trouve plusieurs autres analogues, mais beaucoup moins nettes, et qui n'ont été creusées que jusqu'à la dolomie bathonienne inclusivement.

Cependant, étant donné que les assises qui ont participé au soulèvement étaient de nature et de consistance très diverses, on pouvait s'attendre à constater que quelques-unes d'entre elles, par suite de leur moindre résistance à l'action dynamique interne et au poids des assises superposées, auraient occasionné des failles ou des glissements particuliers. C'est précisément ce que l'observation confirme, et l'un des plus curieux exemples qu'on puisse citer des phénomènes de ce genre, est la faille demi-circulaire qui a fait

disparaître l'oxfordien marneux (voir la carte) sur presque toute la moitié orientale de l'affleurement de la Grande Oolithe, et qui a mis celle-ci directement en contact avec les calcaires dont nous avons fait l'assise à *A. bimammatus.*

C'est encore à des phénomènes analogues qu'est dû le rétrécissement des zones d'affleurement du Toarcien, du Bajocien et du Bathonien, entre le mont Saint-Loup et les Calcaires à gryphées de Mortiès.

Après ce premier mouvement dont nous venons de décrire les effets, la région a été en partie occupée par le grand lac tertiaire qui y a déposé, en discordance de stratification sur les terrains sous-jacents, les assises décrites plus haut.

La sédimentation de l'assise calcaire à planorbes et à lymnées s'est effectuée au milieu d'un grand calme dont témoignent l'absence de dépôts détritiques et l'excellent état de conservation des fossiles. Plus tard, et à la suite de grands charriages, le lac a reçu et épandu sur des surfaces considérables une énorme quantité de galets, souvent très volumineux, qui ont constitué les poudingues supérieurs du Lacustre languedocien et qui se rapportent à l'âge de l'*Anthracotherium.*

C'est alors que s'est produit le second mouvement, qui a parachevé l'œuvre du premier, et qui a donné à la région du Saint Loup, à très peu près, l'aspect orographique qu'elle a conservé depuis, et que nous lui connaissons aujourd'hui. Il a eu pour effet d'accentuer le redressement de toutes les assises déjà soulevées et de redresser en même temps les assises lacustres. Il a été aussi, sans doute, la principale cause de la disparition du lac tertiaire.

Il n'est pas inutile de répéter que ce dernier mouvement semble bien être le produit de la même force interne qui, non seulement s'est exercée sur les mêmes points que précédemment, mais encore a agi avec beaucoup plus d'intensité du côté nord, c'est-à-dire sur le Saint-Loup proprement dit.

Il en est résulté que, de ce côté, la plupart des assises ont été amenées jusqu'à la verticale et que quelques-unes, comme par

exemple les couches tithoniques, l'ont dépassée et sont surplombantes, c'est-à-dire ont la position de couches plongeant sud. Mais il y a plus. En se renversant, le Tithonique a renversé le Néocomien, qui, à son tour, a renversé le Lacustre, si bien que lorsqu'on aborde le Saint-Loup par l'Ouest et par le versant nord, on se trouve en présence d'une série de couches, que la compression a rendues sensiblement parallèles, qui plongent toutes au Sud et qui sont disposées dans l'ordre suivant : les poudingues lacustres oligocènes supportant le calcaire lacustre éocène, lequel est recouvert par le Néocomien, qui, à son tour, supporte le Tithonique. Toutefois, la zone où se manifeste ce renversement est remarquablement étroite, et pour peu qu'on se porte au Nord ou au Sud, on ne tarde pas à voir les assises changer de direction, c'est-à-dire, repasser par la verticale et reprendre toutes leur plongement normal — qui est nord à l'endroit où nous sommes en ce moment — avec une inclinaison de plus en plus faible et qui, pour quelques-unes, finit même par être voisine de l'horizontalité. C'est ce que montre la fig. 3 de la planche XIII, qui représente une coupe N.-S. passant un peu à l'Ouest de Cazevieille.

Il est à peine besoin d'ajouter, car on doit s'y attendre, que ces changements brusques de direction s'accompagnent, surtout dans le Néocomien marneux, d'écrasements, d'étirements, de torsions, d'où résulte, sur certains points, une confusion complète. Mais cette confusion n'enlève rien de sa clarté à l'allure générale des assises ; elle sert plutôt à la faire mieux saisir.

On remarquera que, si nous avons la preuve que le second mouvement est postérieur au dépôt des poudingues lacustres oligocènes, nous ne sommes en possession d'aucun fait permettant d'en préciser autrement la date.

Quoi qu'il en soit, les diverses phases géologiques par lesquelles nous avons vu passer la région du Saint-Loup, postérieurement au dépôt du Néocomien, peuvent se résumer de la façon suivante :

Entre le dépôt du Néocomien et celui du Garumnien, manifestation d'activité d'une force interne inconnue, dont l'action principale s'exerce sous Mortiès, avec maximum d'intensité du côté

nord, où doit se former le Saint-Loup; soulèvement en ampoule ou en dôme ellipsoïdal de toute la série secondaire, depuis le Sinémurien supérieur inclusivement jusques et y compris le Cruasien; éclatement ou fracture de l'ampoule et creusement à sa place, par l'érosion, de la combe de Mortiés; production du Saint-Loup proprement dit par le redressement plus accentué des assises jurassiques; creusement, par l'érosion, de la combe du mas Rigaud; apparition du grand lac tertiaire et dépôt de deux assises lacustres, l'une calcaire et correspondant au sommet de l'Eocène, l'autre détritique, constituée par des poudingues et contemporaine de l'*Anthracotherium*; postérieurement au dépôt des poudingues, nouvelle phase d'activité de la même force interne, dont l'action, s'exerçant à la même place, a accentué les premiers redressements et soulevé les dépôts lacustres; enfin, production du relief que la région a conservé jusqu'à nous, à peu près sans modifications, si l'on ne tient pas compte des érosions superficielles qu'y ont opérées les agents atmosphériques, et qui nous paraissent négligeables, en dépit de la durée possible qui nous sépare du dernier phénomène dynamique.

Il résulte cependant de tout ce qui précède, et nous insistons à nouveau et particulièrement sur ce point, que le lieu géologique le plus intéressant et le plus important de la région du Saint-Loup, c'est le mamelon sur lequel est bâtie la ferme de Mortiès. C'est sous lui que s'est exercée le plus directement et le plus intensivement la force interne dont les poussées successives ont produit les dislocations qui ont abouti à l'orographie actuelle. C'est de ce point pris pour centre, qu'un observateur, se portant dans une direction quelconque, rencontrera toute la série des assises jurassiques, et pourra constater que leur pendaison ou leur plongement, par suite du soulèvement en dôme qui les a fait affleurer, est absolument subordonné à la direction qu'il aura choisie pour les observer; c'est-à-dire que, s'il les observe de Mortiès au Nord, il les verra plongeant nord; s'il les observe de Mortiès au Sud, il les trouvera plongeant sud, et ainsi de suite pour toutes les directions. Si, se plaçant sur une quelconque de ces assises, il veut en suivre l'affleu-



rement, il tournera autour de Mortiès et sera fatalement ramené à son point de départ. Il comprendra alors que Mortiès est le centre géologique de la région, et que la connaissance de la géologie du Saint-Loup implique nécessairement une station à Mortiès.

ITINÉRAIRES POUR EXCURSIONS GÉOLOGIQUES AU SAINT-LOUP.

Pour donner à ce mémoire un caractère pratique et en faire un véritable guide pour les excursionnistes, nous allons décrire les deux itinéraires qui nous paraissent à la fois les plus rapides et les plus fructueux ; mais pour donner en même temps quelque animation à notre exposition, nous déposerons la plume professionnelle et emprunterons celle du touriste géologue. Chacun des deux itinéraires choisis permettra de passer en revue tous les terrains de la région et pourra être parcouru en un jour, à la condition qu'on soit à une époque de l'année où les observations puissent commencer utilement entre 4 et 5 heures du matin et finir entre 6 et 7 heures du soir.

Premier itinéraire. — Nous sommes à Montpellier. Nous retenons une voiture et de bons chevaux. Le lendemain, nous partons à 2 heures du matin, emportant de quoi déjeuner, car au Saint-Loup les auberges font défaut. Nous prenons la route de Ganges et nous filons droit et sans arrêt jusqu'à la Pourcaresse, où nous pouvons être vers 4 heures 1/2. Là, nous quittons notre voiture et l'envoyons nous attendre à Saint-Jean de-Cuculles. Les chevaux, disposant de toute la journée pourront s'y rendre à une allure très modérée, et auront encore largement le temps de s'y reposer, puisque nous ne les rejoindrons que le soir vers 7 heures. La voiture partie, nous voici sous les armes, c'est-à-dire, le marteau à la main et le sac avec le déjeuner sur le dos, et nous commençons aussitôt les observations.

A la Pourcaresse, nous marchons sur le Tithonique le plus supérieur, sur l'assise à *T. moravica*. La Térébratule y est très rare, mais les polypiers qui l'accompagnent y sont abondants, surtout un peu au N.-E. de la ferme. Nous en recueillons quelques-uns, les plus légers pour ne pas nous charger, et nous constatons que l'assise est formée par des calcaires lithographiques à pâte absolument blanche ou accidentellement jaunâtre. Nous allons prendre ensuite le versant nord du Saint-Loup, où nous examinons les dépôts lacustres, poudingues et calcaire, renversés au contact du Néocomien, puis ce dernier terrain, renversé à son tour au contact du Tithonique. En suivant la ligne de contact jusqu'en face du col de Tourière, nous voyons le Néocomien reposer (en ne tenant plus compte du renversement), d'un côté sur l'assise à ***T. moravica***, et de l'autre sur l'assise à ***P. Janitor***. Nous franchissons alors le Saint-Loup par le col de Tourière, pour aller à Cazevieille, et nous coupons ainsi, à travers bancs, d'abord la zone à ***P. Janitor***, qui se distingue de la précédente par l'absence des fossiles, par la présence, de loin en loin, de gros rognons de silex, et surtout par la couleur café au lait clair de la pâte calcaire, ensuite la zone calcaire à ***A. polyplocus***, dont la pâte est plus foncée, puis les calcaires marneux à petits bancs et à patine jaune clair que nous synchronisons avec la zone à ***A. bimammatus***; enfin nous arrivons à Cazevieille, où nous nous trouvons sur l'Oxfordien proprement dit.

Il peut être alors 7 heures 1/2. Nous nous reposons un instant, puis nous nous dirigeons vers l'Est, non pas en prenant le chemin qui va directement à Mortiès, mais un autre, situé un peu au Nord, derrière le village. Il nous conduit successivement vers deux mares, souvent à sec, creusées dans les marnes oxfordiennes, où nous ramassons, en passant, quelques fossiles. Continuant notre route, nous apercevons bientôt, sur notre gauche, une petite croix plantée à l'origine même du sentier qui monte en serpentant sur le flanc du Saint-Loup. Nous prenons ce sentier; nous montons lentement, et pour cause, jusqu'à ce que nous rencontrions une nouvelle croix, dite la Crouzette, et qui se trouve un peu plus qu'à

mi-hauteur de l'Ermitage. Chemin faisant, nous nous dispensons de toute étude géologique, d'abord parce que les assises jurassiques supérieures que nous traversons pour la seconde fois sont, là, très mouvementées et très confuses, ensuite parce que nous sommes tout au plaisir de nous retourner de temps en temps pour regarder le paysage et voir l'horizon s'élargir de plus en plus à mesure que nous montons.

Parvenus à la Crouzette, nous sentons qu'une halte s'impose. Nous la faisons, tout en couvant des yeux ce tout petit mazet, l'Ermitage, qui d'en bas nous paraissait si près et qui est encore si haut. Cependant l'attraction qu'il exerce sur nous redouble nos forces, et nous prenons résolument le nouveau sentier qui va nous y mener. Ce sentier n'est pas précisément carrossable, mais il n'est pas dangereux. Nous montons sans mot dire. Il faut croire que la sueur n'est pas un liquide bien fertilisant, sans quoi la végétation aurait depuis longtemps obstrué le passage. Enfin, nous voici au terme de notre ascension.

L'Ermitage est là. Nous cherchons instinctivement l'ermite, mais en vain. La porte de l'établissement est close. Nous nous y attendions; on nous l'avait dit ; mais on serait si heureux, en arrivant là-haut, de trouver, sinon un peu d'hospitalité, du moins un abri contre le vent, car il y souffle, ou contre le soleil, car il y chauffe, qu'on se prend à l'espérer quand même, jusqu'à ce qu'on soit matériellement désillusionné. Or, nous le sommes. Notre premier mouvement, on le devine, est de jeter à terre sac et marteau, mais point de nous asseoir. Il est 11 heures pourtant ; nous avons l'estomac dans les talons ; nous sommes éreintés ; mais la curiosité nous aiguillonne ; il nous faut lui céder ; le reste attendra.

Nous savons, en effet, et nous voyons qu'à deux pas de nous se trouve un balcon comme n'en possède aucun des hôtels de ville connus. Ce balcon est constitué par une étroite mais belle pelouse, au-delà de laquelle s'élève comme un parapet, haut d'un mètre environ, un banc calcaire vertical, qui nous cache encore la moitié septentrionale de l'horizon. Il ne faut pas oublier que les sentiers

qui nous ont conduits du pied au sommet du Saint-Loup, ont constamment serpenté sur le flanc sud de la montagne et qu'à aucun moment il ne nous a été possible de voir rien de ce qui existe de l'autre côté. Or, nous sommes à 633 mètres d'altitude ; derrière le parapet, c'est la montagne à pic ; c'est le vide immense ; c'est enfin le panorama que nous sommes venus chercher. Le moyen de nous obliger à déjeuner avant de l'avoir contemplé ? Nous nous précipitons donc au balcon et, alors, nous restons pendant quelques minutes comme suffoqués. L'émotion est d'autant plus vive que l'apparition attendue est subite et que le spectacle est absolument grandiose. On ne saurait le décrire ; il faut le voir.

Cependant la contemplation ne fait pas l'affaire de notre estomac. Il réclame impérieusement sa part de jouissance et, ma foi, nous la lui donnons sans compter. On est généreux dans ces moments-là et à ce point de vue.

S'il n'est que midi lorsqu'il est satisfait, nous pouvons pendant un bon moment encore nous enivrer d'air pur, de lumière et d'azur. Nous pouvons retourner au balcon et essayer de reconnaître, à l'aide de notre carte, les routes, les ruisseaux, les villages, les montagnes que nous apercevons de notre observatoire,

Mais tout a une fin. Nous disons adieu à l'Ermitage et nous reprenons le sentier que nous avons suivi pour venir. Nous descendons ainsi jusqu'à la première petite croix que nous avons rencontrée le matin, dans la plaine. Arrivés là, nous nous dirigeons vers l'Est, sans quitter le pied de la montagne, et nous sommes bientôt au ravin de la Crouzette, lequel est creusé de si heureuse façon qu'il nous offre une magnifique coupe transversale de presque toutes les assises qui entrent dans la constitution du Saint-Loup.

A quelques mètres avant d'atteindre le ravin, le sentier sur lequel nous sommes s'enfonce brusquement dans le sol. Nous nous y engageons de quelques pas, puis nous nous arrêtons, en conservant la position de la marche en avant, c'est-à-dire sans nou retourner.

Nous avons alors devant nous la masse principale du Saint-Loup, qui se profile, non suivant une oblique, comme on est tenté de le penser lorsqu'on le regarde de loin, mais suivant une ligne sinueuse, dessinant trois bosses ou trois reliefs séparés par deux dépressions. Ces trois bosses et ces deux dépressions longent le Saint-Loup du ravin de la Crouzette jusqu'à l'extrémité orientale de la montagne, tandis que, du même ravin jusqu'à l'extrémité occidentale, la bosse inférieure fait défaut. Les dépressions correspondent à des calcaires que la pression a écrasés et comme laminés et sur lesquels l'érosion a plus facilement fait son œuvre, tandis que les calcaires plus résistants sont restés en saillie. Si nous étions sur un des monticules que nous apercevons au Sud, par exemple sur le mamelon de Cortez, la face sud du Saint-Loup nous apparaîtrait zonée longitudinalement, d'autant même que la végétation contribue à rendre cet aspect plus frappant. La broussaille pousse, en effet, très bien dans les anfractuosités des rochers saillants, et très blancs, qu'elle pique de taches sombres, tandis que les calcaires érodés forment comme des bandes simplement gazonnées et grisâtres.

Cela établi, procédons maintenant à des observations d'un autre ordre. Au point où nous sommes, nous pouvons de la main droite toucher une assise calcaire, très redressée, ruiniforme, dont la face supérieure, que nous touchons, joue visiblement le rôle de mur de faille. En même temps, nous pouvons de la main gauche toucher des marnes remplies de fossiles connus.

L'assise calcaire, que nous avons à droite, n'est autre que celle que nous avons désignée sous le nom d'assise callovienne, contenant *A. macrocephalus* et servant de toit à la Grande Oolithe. Nous la voyons, devant nous, franchir le ravin de la Crouzette pour grimper sur le Saint-Loup, et, derrière nous, s'éloigner de la montagne, couper obliquement la plaine et s'en aller faire un grand détour vers le Sud et l'Est, pour revenir à l'endroit même où nous nous trouvons.

Les marnes que nous avons à gauche ne sont autres que les marnes oxfordiennes, avec *Bel. hastatus*, *A. Cordatus*, *A. plica-*

tilis, *A. tortisulcatus*, etc. Ces marnes se terminent là en pointe effilée ; elles disparaissent par faille au contact de l'assise callovienne et ne traversent même pas le ravin de la Crouzette. Nous les voyons passer rapidement à des calcaires marneux dont nous avons fait l'assise à *A. bimammatus* et qui, eux, franchissent le ravin, montent sur le Saint-Loup, où ils s'appliquent directement sur l'assise callovienne. En arrière, ces calcaires restent dans la plaine et longent le pied de la montagne jusqu'au delà de Cazevieille. Nous les suivons facilement des yeux, parce que leur patine jaune clair tranche nettement sur la patine blanche des calcaires qui leur sont superposés.

Maintenant, quittons notre poste d'observation et portons-nous un peu à droite, c'est-à-dire dans la direction sud. Nous traversons l'assise callovienne, qui est peu épaisse ; nous trouvons au-dessous d'elle les dolomies saccharoïdes brunes du Bathonien; enfin, nous rencontrons le chemin de Cazevieille à Mortiès. Nous faisons quelques pas sur ce chemin jusqu'à ce que nous soyons sur le bord de la combe de Mortiès, où nous allons descendre tout à l'heure, et nous nous arrêtons de nouveau un instant.

Nous avons à droite le mamelon au sommet duquel est bâtie la ferme de Cortez. Ce mamelon est bajocien. Nous le laissons de côté parce que nous retrouverons plus loin les couches qui le constituent. Nous observons les dolomies bathoniennes pour savoir ce qu'elles deviennent du côté du Saint-Loup, et nous voyons qu'elles suivent l'assise callovienne, qu'elles traversent, comme elle, le ravin de la Crouzette, et qu'elles forment le premier escarpement de la montagne. Alors rien ne nous est plus facile que de comprendre la composition, en ce point, du Saint-Loup. Sa première saillie, de bas en haut, est visiblement constituée par la Grande Oolithe et l'assise callovienne; sa première dépression est creusée dans l'assise à *A. bimammatus* puisque les marnes oxfordiennes ont disparu ; sa seconde saillie et sa seconde dépression, qui nous mènent jusqu'à la Crouzette, correspondent ensemble à l'assise à *A. polyplocus* ; enfin, sa troisième saillie, c'est-à-dire sa crête, est constituée par

l'assise à *P. Janitor*. Nous constatons, en outre, que, sur le Saint-Loup, toutes ces assises plongent nord, mais avec des inclinaisons de plus en plus accentuées, qui arrivent peu à peu jusqu'à la verticale et qui finissent même par la dépasser et devenir surplombantes. C'est, en un mot, la disposition en éventail, telle que la montrent nos fig. 4 et 5, Pl. XIII, passant, à quelques mètres de distance, l'une sur la berge droite du ravin de la Crouzette, l'autre sur sa berge gauche.

Nous n'avons plus qu'à descendre dans la combe qui est devant nous. Le chemin que nous suivons nous y conduit. Il nous fait passer successivement des dolomies bathoniennes sur tout le bagage du Bajocien, et de ce dernier sur les marnes toarciennes et liasiennes ; mais ces différentes assises sont là dans un état mouvementé et confus qui n'est guère favorable aux observations. Aussi, allons-nous tout droit à Mortiès, où nous nous trouvons sur les calcaires à *Gryphæa obliqua* du Sinémurien supérieur.

Il peut être alors 3 heures 1/2. Nous nous reposons jusqu'à 4 heures, tout en résumant les observations faites, et nous constatons que, depuis notre départ de la Pourcaresse, nous avons vu, du haut en bas, toute la série des formations qui existent dans la région du Saint-Loup et que nous avons décrites dans notre premier chapitre. Nous allons à présent les revoir, les recouper de bas en haut, en allant de Mortiès à Saint-Jean-de-Cuculles, terme de notre excursion. Mais comme nous allons marcher dans la direction du Sud, nous les trouverons, conformément à ce que nous avons exposé plus haut, moins tourmentées, moins redressées et toutes plongeant Sud.

Nous quittons donc Mortiès et ses Calcaires à gryphées, et nous allons tout droit aux talus marneux ravinés que nous voyons en face de nous, au Sud. Pour cela, nous traversons la plaine cultivée qui représente l'affleurement des marnes liasiennes et où les fossiles sont difficiles à trouver. Nous y avons pourtant recueilli *A. margaritatus*. Parvenus aux talus marneux, nous sommes en plein Toarcien, et nous y ramassons des bélemnites, des ammonites ferrugineuses, en un mot, la plupart des types de la faune. Nous

nous rapprochons peu à peu des gorges du ruisseau d'Yorgues, et nous nous engageons enfin sur la route de Saint-Jean.

Au point même où nous quittons la combe de Mortiès, nous sommes au milieu des marnes à fucoïdes du Bajocien et, en avançant lentement, nous trouvons les bancs de calcaire à entroques (calcaire miroitant), les calcaires à silex cariés, qui font également partie de l'Oolithe inférieure. Aussitôt après, viennent les dolomies de la Grande Oolithe, avec le banc fossilifère, puis le magnifique développement des couches à silex en rognons ramifiés. Dès qu'on a franchi la dolomie, on tombe sur des calcaires marneux qui représentent ici l'Oxfordien, ainsi qu'en témoignent quelques fossiles. L'assise callovienne, interrompue en ce point, fait défaut en même temps que les marnes oxfordiennes. Ensuite viennent les calcaires à patine jaune de l'assise à *A. bimammatus*, puis l'assise à *A. polyplocus*, enfin l'assise à *P. janitor*, bien caractérisée par sa pâte claire et ses gros rognons de silex pyromaque, qu'on peut voir, à droite, lorsqu'on arrive en face de Saint-Jean-de-Cuculles, au premier lacet de la route, en venant de Mortiès. Parvenus au second lacet, qui est tout près, nous sommes au contact du Tithonique à *P. Janitor* avec le Néocomien inférieur ou Berriasien, et ce dernier terrain nous conduit au village, qu'il supporte (voir la coupe représentée Pl. XIII, fig. 6).

Notre excursion est terminée. Il est entre 6 h. et 6 h. 1/2. Nos chevaux attelés nous attendent. Le temps de nous rafraichir au café de Saint-Jean, et nous remontons en voiture. A 9 h. au plus tard, nous sommes de retour à Montpellier.

Second itinéraire. — Le second itinéraire peut être considéré comme étant à peu près l'inverse du précédent. Il n'est guère plus fatigant pour l'excursionniste, mais il est plus long et plus pénible pour les chevaux.

Les explications données pour le premier nous dispenseront d'entrer dans autant de détails pour celui-ci. En tout cas, nous ne répéterons pas celles qui concerneront les mêmes points d'observation.

Le point de départ est Saint-Jean-de-Cuculles, où il faut, de toute nécessité, arriver vers 4 heures du matin. Là, on quitte la voiture, et on l'envoie à la Pourcaresse, où elle devra se trouver prête à partir, au plus tard, à 3 heures du soir.

Nous nous supposons donc à Saint-Jean. Nous partons et allons droit à Mortiès, en observant avec soin les diverses assises coupées par la route et qui se succèdent de haut en bas, c'est-à-dire dans un ordre inverse par rapport à celui de leur superposition. Notre arrivée à Mortiès doit avoir lieu à 7 heures au plus tard, et même un peu avant, si possible.

A Mortiès, nous prenons le chemin qui conduit au col de la Poterne, et nous coupons ainsi, à travers bancs, toutes les assises jurassiques que nous connaissons, moins l'Oxfordien et l'assise à *T. Moravica*. Nous constatons que les affleurements de ces assises sont très réduits, parce que nous sommes dans la partie du Saint-Loup qui a été la plus comprimée par le soulèvement. Lorsque nous nous trouvons au bout de la montée, nous nous portons un peu à l'Est, jusqu'au ravin qui descend dans la combe de Mortiès. Nous avons là sous les yeux un très intéressant phénomène de torsion de couches. Les assises jurassiques supérieures, très redressées, dessinent dans ce ravin un S accentué, lequel, il est facile de le comprendre, est le résultat du maximum de refoulement qui a affecté la masse principale du Saint-Loup, celle qui comprend le Pic proprement dit. Notre carte reproduit d'ailleurs assez bien le phénomène.

Au col de la Poterne, nous sommes sur l'assise à *P. Janitor*, contenant les silex dont nous avons parlé. De ce point nous contemplons un instant le mont Hortus et la grande combe du mas Rigaud qui nous en sépare, et qui est tout entière creusée dans le Néocomien. Nous voyons comment ce dernier terrain se comporte au contact du Tithonique, comment il est redressé et surplombant. Ensuite, nous grimpons jusqu'à la Crouzette, où nous trouvons le sentier qui monte à l'Ermitage. Nous le suivons et, parvenus au point culminant, nous déjeunons. Il est alors 11 heures au plus. Nous retournons à la Crouzette, puis nous descendons dans la

plaine de Cazevieille pour suivre, à l'Est, le pied de la montagne et arriver jusqu'au ravin de la Crouzette, comme il est dit dans notre premier itinéraire. Cette partie de l'excursion est obligatoire, parce que le ravin en question est en quelque sorte la clef de la géologie du Saint Loup.

Nous revenons ensuite sur nos pas et nous allons, sans nous presser, à Cazevieille, tout en ramassant en route les fossiles de l'Oxfordien. De Cazevieille nous nous rendons à la Pourcaresse, le plus rapidement possible, pour avoir le temps d'y observer, un peu avant 3 heures, la zone à *T. Moravica.*

A la Pourcaresse, nous reprenons notre voiture, qui nous porte au col de Fonbétou, en passant par le mas d'Alègre. Nous voyageons ainsi pendant près d'une heure, au milieu des calcaires et des poudingues lacustres et, arrivés au col de Fonbétou, nous remettons pied à terre, pour observer d'abord le calcaire lacustre, qu'on serait tenté, à première vue, de prendre pour du Tithonique, ensuite le Néocomien supérieur, enfin le Cruasien, qui couronne l'Hortus.

Nous avons le temps de visiter les ruines du château de Vivioures, et elles en valent la peine. Nous descendons du château, en nous laissant glisser le long du versant sud de l'Hortus et nous nous retenons sur la pente, un peu avant d'arriver à la route, pour regarder du côté du col où nous étions tout à l'heure, et voir un magnifique pli anticlinal qu'y dessine le Néocomien supérieur. Ce pli est même là en double exemplaire, en ce sens qu'une cassure a détaché du Néocomien supérieur un paquet de couches, qui ont glissé à une trentaine de mètres plus bas, en conservant la forme de l'anticlinal. C'est en contre-bas de ce paquet déplacé qu'est précisément bâtie la maisonnette qui porte le nom de Fonbétou.

Cependant nous arrivons à la route, et notre voiture, qui nous a rejoints, nous transporte rapidement jusqu'à la ferme de la Plaine, où nous nous arrêtons quelques instants pour étudier la succession des trois étages néocomiens, depuis le ruisseau du Terrieu, jusqu'au talus de l'Hortus ; après quoi, nous repartons. La voiture nous fait contourner trois mamelons blancs, qui ne sont autres que des poin-

tements de Tithonique à *P. Janitor*, et qui se montrent là comme des contreforts du Saint-Loup. Lorsque, sur la route de Tréviès, nous sommes en face du mamelon médian, qui, sur la carte, porte la cote **201**, nous descendons de voiture, d'abord pour voir sur notre gauche, un peu au-dessus du fossé un très bel exemple de polissage par glissement que présente un gros lambeau de Néocomien supérieur à son contact avec la marne sous-jacente; ensuite, pour prendre à droite, traverser le ruisseau et recueillir dans les champs en face, quelques fossiles du Berriasien, dont les bancs calcaires, plus ou moins redressés, affleurent au niveau du sol.

Après cette cueillette, l'excursion est terminée. Il est au moins sept heures. Nous remontons en voiture, et nous gagnons Montpellier, où nous sommes deux heures après.

APPENDICE BIBLIOGRAPHIQUE

Explication de la Carte géologique de France, par DUFRÉNOY et ELIE DE BEAUMONT. Tom. II, pag. 711, 1848.

MARCEL DE SERRES : Note sur deux Montagnes remarquables des environs de Montpellier. — Mémoires de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, pag. 125, 1848.

MARCEL DE SERRES et VÉZIAN : Note sur les systèmes de fracture de la contrée qui environne le Pic Saint-Loup. — Académie des Sciences et Lettres de Montpellier ; extrait des Procès-verbaux de la Section des Sciences, séance du 13 juin 1853.

DAVIDSON : Observations sur quelques Brachiopodes. — Bulletin de la Société géologique de France, 2e série, tom. VI, pag. 275.

P. GERVAIS DE ROUVILLE : Description géologique des environs de Montpellier, 1853.

P. REYNÈS : Thèse sur le terrain crétacé. Paris, 1861. Pl. I, n° 22.

Le Dr BLEICHER : Sur le passage du Jurassique au Néocomien dans l'Hérault. — Bulletin de la Société géologique de France, 2e série, tom. XXIX, pag. 665.

— Matériaux pour servir à l'histoire du terrain Crétacé inférieur de l'Hérault. — Bulletin de la Société géologique de France, 3e série, tom. II, pag. 21.

HÉBERT : Bulletin de la Société géologique de France, tom. XXVIII, pag. 161.

J. POUCHET : Excursion au Pic Saint-Loup et aux ruines du Château de Montferrand. — Bulletin de la Société Languedocienne de Géographie, tom. III, décembre 1880.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XIII.

Fig. 1. — Profil du Saint-Loup, vu du Sud.

Fig. 2. — Profil du Saint-Loup, vu de l'Est.

Fig. 3. — Coupe N. S. du Saint-Loup, passant un peu à l'Ouest de Cazevieille.

Fig. 4. — Coupe N. S. du Saint-Loup, passant par Cortez et la berge droite du ravin de la Crouzette.

Fig. 5. — Coupe N. S. du Saint-Loup, passant par la berge gauche du ravin de la Crouzette.

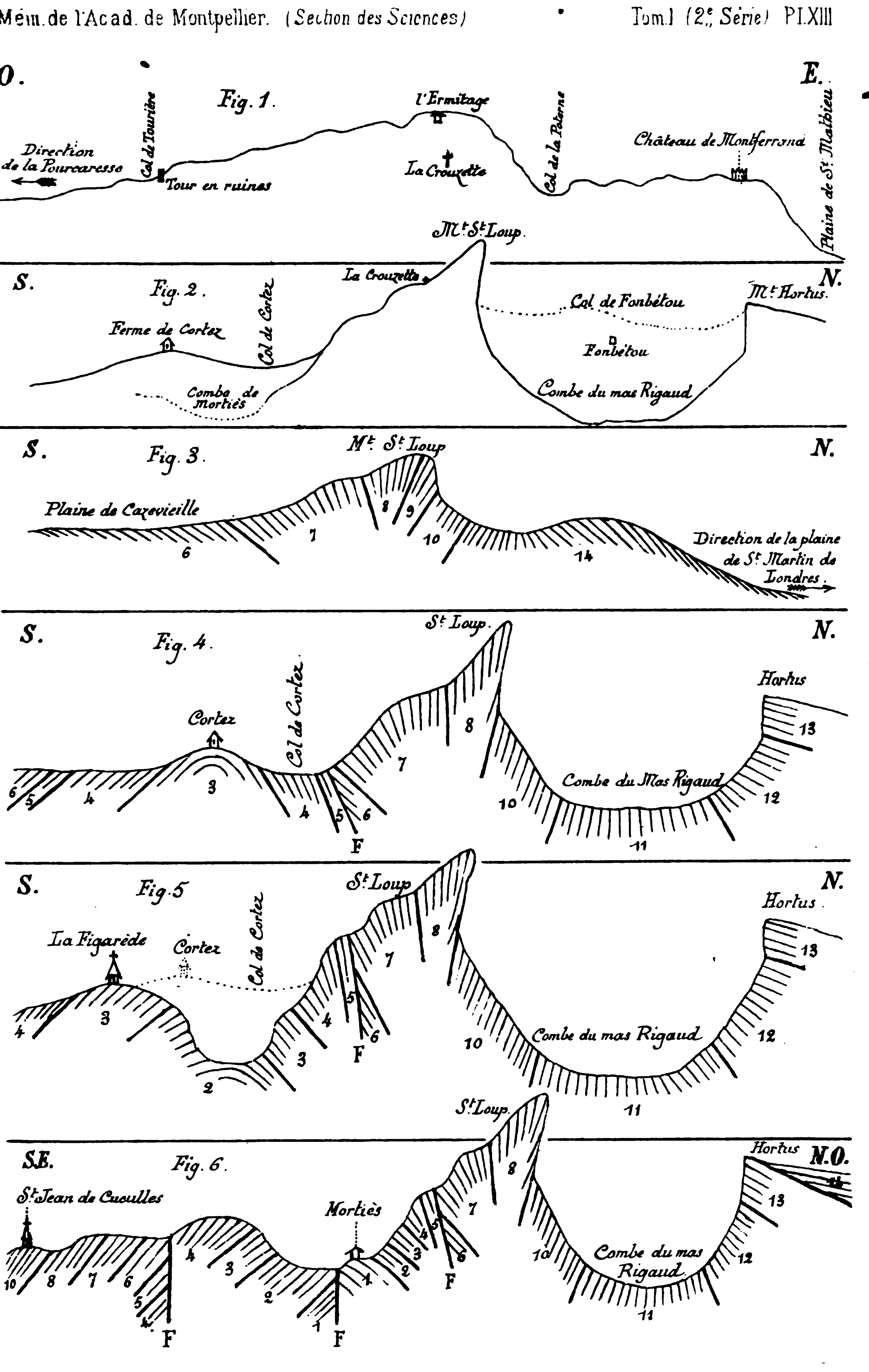
Fig. 6. — Coupe S. E. — N. O. de la région du Saint-Loup, allant de Saint-Jean-de-Cuculles à la plaine de Saint-Martin-de-Londres, par Mortiès.

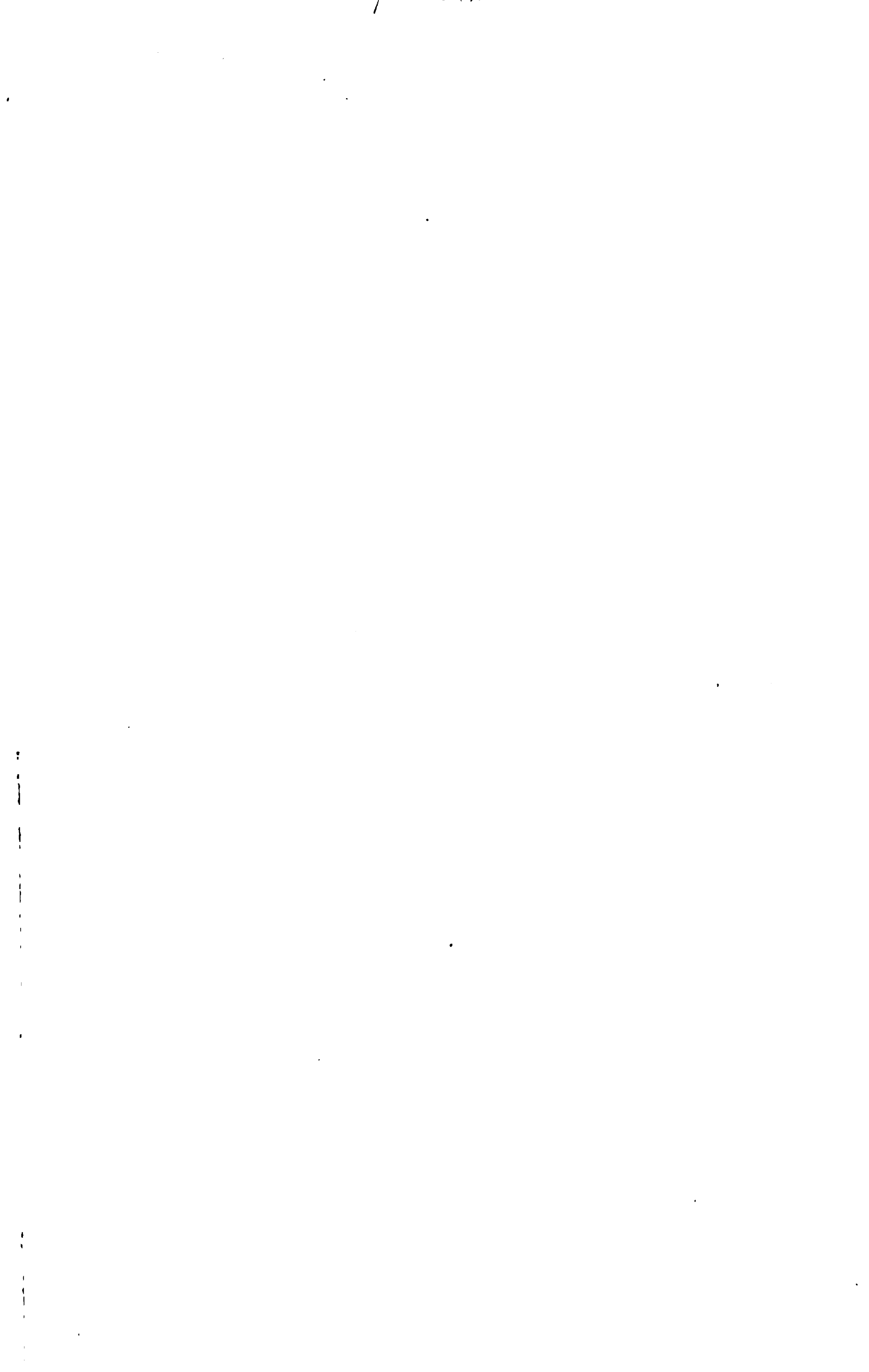
LÉGENDE GÉNÉRALE POUR LES DIVERSES COUPES.

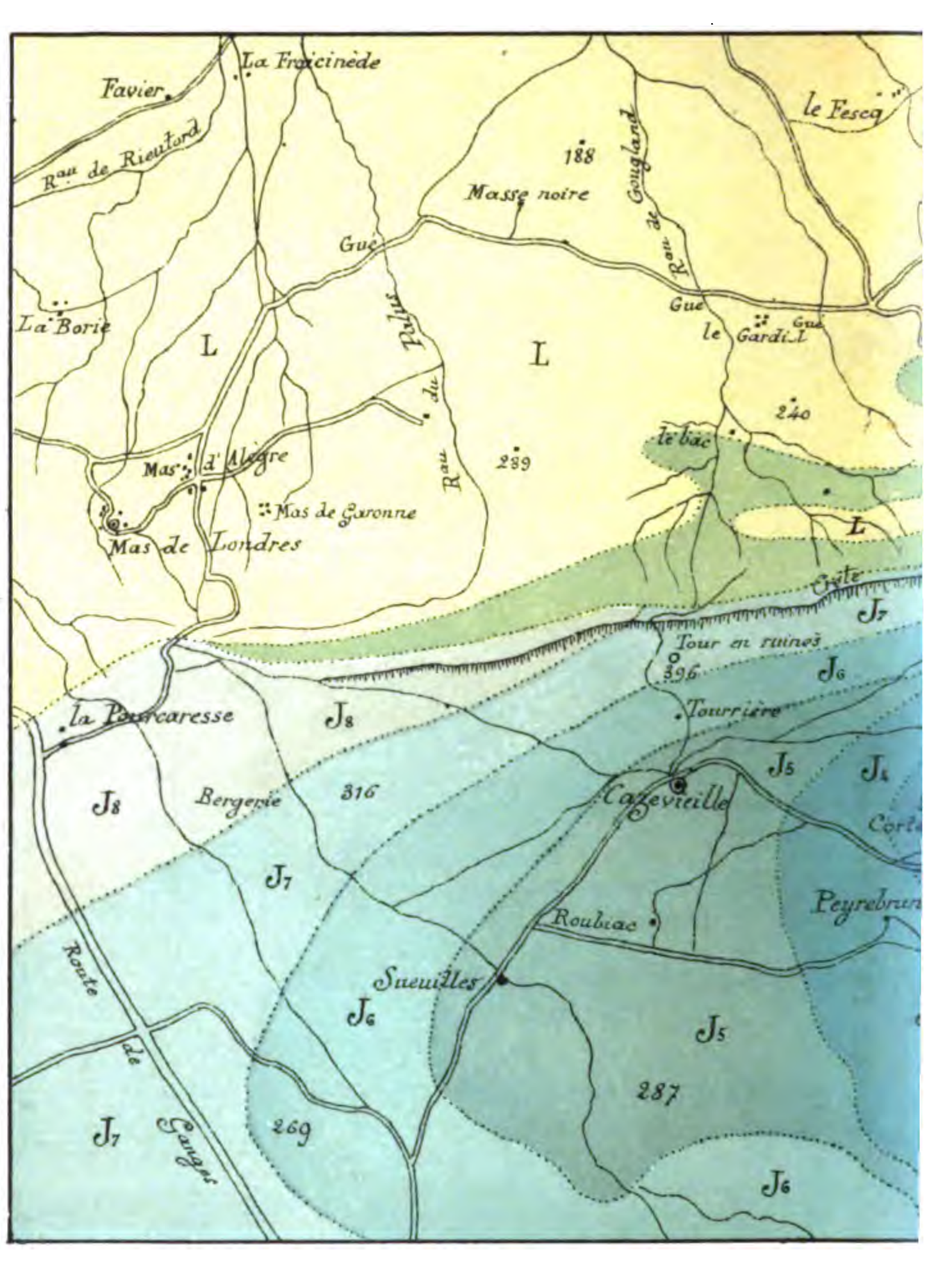
---

14. — Tertiaire lacustre. { Oligocène. / Eocène supér.
13. — Urgonien infér. (Cruasien).
12. — Hauterivien. / 11. — Valenginien. / 10. — Berriasien. } Néocomien.
9. — Assise à *Ter. moravica.* / 8. — Assise à *Pygope janitor.* } Tithonique.
7. — Corallien { Assise à *A. polyplocus.* / Assise à *A. bimammatus.*
6. — Oxfordien proprement dit.
5. — Assise callovienne.
4. — Bathonien (Grande Oolithe).
3. — Bajocien (Oolithe inférieure).
2. — Liasien-Toarcien.
1. — Sinémurien supérieur.

F. — Faille.

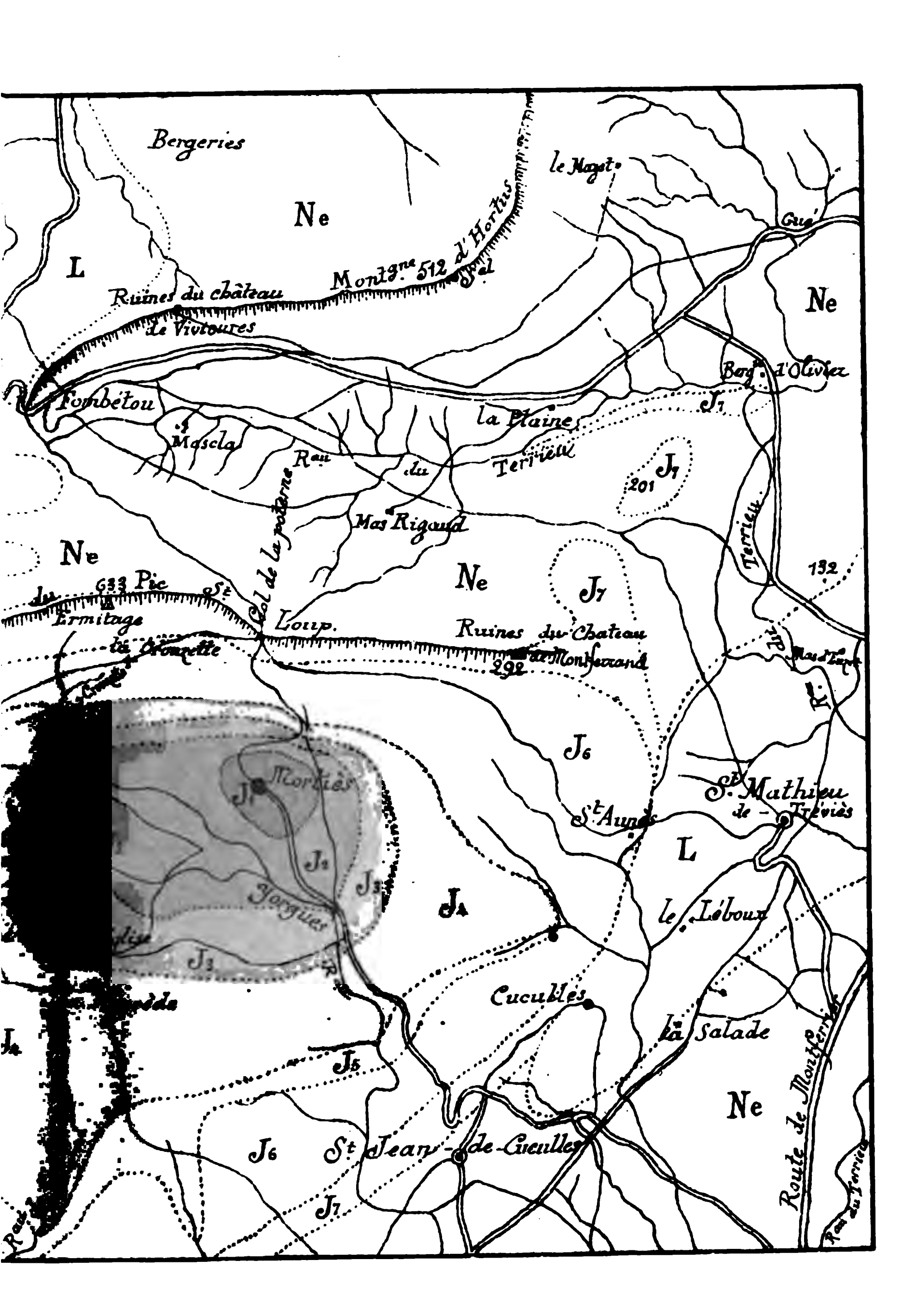

O.
E.
Fig. 1.
Direction de la Pourcaresse
Col de Tourière
Tour en ruines
l'Ermitage
La Crouzette
Col de la Poterne
Château de Montferrand
Plaine de St. Mathieu
Mt. St. Loup.
S.
N.
Fig. 2.
La Crouzette
Ferme de Cortez
Col de Cortez
Combe de Mortiès
Col de Fonbétou
Fonbétou
Combe du mas Rigaud
Mt. Hortus.
S.
N.
Fig. 3.
Mt. St. Loup
Plaine de Cazevieille
Direction de la plaine de St. Martin de Londres.
6
7
8
9
10
14
S.
N.
Fig. 4.
St. Loup.
Cortez
Col de Cortez
Hortus
Combe du Mas Rigaud
6
5
4
3
4
5
6
F
7
8
10
11
12
13
S.
N.
Fig. 5
St. Loup
La Figarède
Cortez
Col de Cortez
Hortus.
Combe du mas Rigaud
4
3
2
3
4
5
6
F
7
8
10
11
12
13
St. Loup.
SE.
N.O.
Fig. 6.
St. Jean de Cuculles
Mortiès
Hortus
Combe du mas Rigaud.
10
8
7
6
5
4
F
4
3
2
1
F
1
2
3
4
5
6
F
7
8
10
11
12
13





J4	Bathonien. — Dolomies.
J3	Bajocien. — Marnes schisteuses à fucoïdes ; Calcaires à entroques ; Calcaires siliceux.
J2	Liasien. — Toarcien. — Marnes terreuses ou feuilletées.
J1	Sinémurien supérieur. — Calcaires à Gryphæa obliqua.

J8	Tithonique	Assis… Calca…
J7		Assis… à pat…
J6	Corallien	Assis… à pate… Assis… marn…
J5	Oxfordien	Oxfor… et Assi…



e à T. Moravica. —
ires lithog. à pâle blanche.

à Pygope janitor. — Calc. lithogr.
ne blanche et pâle claire.

à A. polyplocus. — Calc. lithog.
ne blanche et pâle brune.
e à A. bimammatus. — Calcaires
ux à patine jaune clair.
dien pr. dit. — Calcaires marneux
marnes.
e Callovienne. — Calcaire.

L	Tertiaire Lacustre	Oligocène. — Poudingues. Eocène supr. — Calcaire.
Ne	Urgonien. — Calcaires sublithogr. Néocomien. — Calcaires marneux et marnes.	

Fascicule 2 (1856). P. Gervais (5), Ch. Martins (4), Marcel de
— Serres (5), E. Roche, Chancel, P. de Rouville, Legrand, Viard, Jeanjean, Marès... 8.50
— 3 (1857) H. Marès, E. Roche, Marcel de Serres (3), Le Rique de Mouchy (2), Viard, Lenthéric neveu, G. Chancel (2), Parès, P. Gervais (3). 8

Tome IV (1858-1860)........................ 23

Fascicule 1 (1858). P. Gervais (2), Montrouzier, Chancel, Marcel de Serres, Berger, Le Rique de Monchy (2), Lenthéric, Reynès et de Rouville, Graff, E. Roche (2)........................ 6
— 2 (1859). P. Gervais (2), E. Roche, Lenthéric, Marcel de Serres (3), E. Rouché, Raynaud, Chancel, Diacon, Cazalis de Fondouce, Ch. Martins. 9
— 3 (1860). Ch. Martins, P. Gervais (2). E. Roche (3), Désormeaux, Marcel de Serres (3), Cazalis de Fondouce, Lenthéric................ 6

Tome V (1861-1863)........................ 23

Fascicule 1 (1861). E. Roche (2), Diacon (2), Lenthéric, Moitessier, Martins, P. Gervais, Chancel........... 10
— 2 (1862). Martins, E. Roche (2), Viala, Marcel de Serres (3), Berger, Gervais (3), Wolf et Diacon, Moitessier, Jeanjean........... 8
— 3 (1863). P. Gervais (3). Martins (2), O. Bonnet, Béchamp, Roche (2). Moitessier........ 5

Tome VI (1864-1866)........................ 23

Fascicule 1 (1864). Berger, Roche, Diacon (2), Chancel (2), Gervais (3). Brinckmann, Loret, Moitessier. (*épuisé*)
— 2 (1865). Martins, Gervais (3), Roche (2), Chancel (2), Jeanjean (2), Diacon et Wolf........... 6
— 3 (1866). Duclos, Chancel, Crova, Roche (2), Garlin. Moitessier, Martins (2), Lallemand. Loret. 6

Tome VII (1867-1870)........................ 23

Fascicule 1 (1867). Roche (3), Martins (4), Collomb, Gervais Vaillant, Le Rique de Monchy, Diacon... 6
— 2 (1868). Gervais, Vaillant, Le Rique de Monchy, P. de Rouville, Lallemand (3), Diacon......(*épuisé*)
— 3 (1869). Duval-Jouve, Martins et Chancel, Combescure (2)............................ 6
— 4 (1870). Combescure, Duval-Jouve (2), Martins..... 4

Tome VIII (1872-1875)........................ 23

Fascicule 1 (1872). Martins (2), Duval-Jouve (2), Crova, Munier, Boussinesq........................ 6

— 2 (1873). Crova, Cazalis de Fondouce, Duval-Jouve, Roche (2), Martins, Munier............. 6

— 3 (1874). Duval-Jouve, Sabatier.................. 6

— 4 (1875). Lenthéric............................. 5

Tome IX (1876-1879)....... 23

Fascicule 1 (1876)..... Crova, Duval-Jouve, Martins......... 6.50

— 2 (1877-1878) Roche (2), Guinard, Crova (2), Duval-Jouve, Martins, Sabatier........... 7.50

— 3 (1879)..... Sabatier.......................... 9

Tome X (1880-1884)........................ 23

Fascicule 1 (1880-1881) Courchet, Cazalis de Fondouce, Crova (2), Roche........................ 7.50

— 2 (1882)..... Roche (2), Crova (2), Sabatier....... 7.50

— 3 (1883-1884) Combescure, Crova (5), Sabatier, Pauchon, Tisserand, Garbe........... 6

Tome XI (1885-1892)...................... 15

Fascicule 1 (1885-1886) Houdaille (3), Combescure (2), Crova (3), Dautheville, Brocard (2), de Rouville. 6

— 2 (1887-1890) Crova (4), de Forcrand, Fabry....... 4.50

— 3 (1890-1892) Flahault........................ 4.50

ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES

DE LA SECTION DES SCIENCES

MÉTHODE DE TITRAGE DES QUINQUINAS

. **Par le Capitaine L. AZÉMA**

PROCÈS-VERBAUX

DE LA SECTION DES SCIENCES POUR 1893

2e SÉRIE. — TOME PREMIER.

No 4.



MONTPELLIER
CHARLES BOEHM, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE, RUE D'ALGER, 10

1894

PRIX DES MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

1re série, in-4°, de 1847 à 1892

La collection complète des trois Sections.........	26 vol.	Fr. 540
La collection de la Section de Médecine...........	6 —	106
La collection de la Section des Sciences...........	11 —	251
La collection de la Section des Lettres............	9 —	183

SECTION DES SCIENCES

Tome I (1847-1850).................. Fr 25

Fascicule 1 (1847). Dunal, Marié-Davy (3), Gergonne, Marcel de Serres, Rafeneau-Delile, Gerhardt, P. Gervais............................ 4

— 2 (1848). Peytal (2), Roche, Marcel de Serres (2), O. Bonnet, Chancel, Dunal (3), de Girard, P. Gervais.......................... 10

— 3 (1849). P. Gervais (2), Marcel de Serres, Marié-Davy, Roche, Chancel, de Girard, Lenthéric.... 5

— 4 (1850). Marié-Davy, Roche, Marcel de Serres, P. Gervais (3), Lenthéric, Peytal, Chancel.. 6

Tome II (1851-1854)........................ 25

Fascicule 1 (1851)..... Lenthéric, Roche, Marcel de Serres, de Rouville, P. Gervais (2), Dunal. 5

— 2 (1852-1853) Lenthéric, Lenthéric neveu (2), Roche (3), Marcel de Serres (2), Marié-Davy (2), A. Godron, P. Gervais (2), Sallières, Courty.......................... 7.50

— 3 (1854)..... Marcel de Serres (2), Ch. Martins (2), Roche, Marié-Davy, Lenthéric neveu, H. Faure......................(*épuisé*)

Tome III (1855-1857)..................... 25

Fascicule 1 (1855). Parès, Marcel de Serres, Charles Martins, E. Roche......................... 8.50

MÉTHODE DE TITRAGE DES QUINQUINAS

Par le Capitaine L. AZÉMA

Inconvénients des procédés en usage.— Les procédés employés pour le titrage des écorces de quinquinas sont nombreux à cause de l'importance du trafic de cette précieuse denrée pharmaceutique et en raison des différences constatées dans les résultats obtenus par les diverses méthodes de dosage.

En somme, ces procédés se résument à traiter l'écorce, réduite en poudre, par l'acide sulfurique ou chlorhydrique suffisamment dilué et à neutraliser, ensuite, l'acide par une base énergique, la chaux par exemple.

Dans la première opération, l'acide s'est combiné avec les alcaloïdes du quinquina pour former un sel soluble.

Dans la seconde, la base neutralise la totalité de l'acide, et les alcaloïdes sont remis en liberté. Il ne reste plus, après dessiccation de la matière, qu'à isoler les alcaloïdes par le chloroforme ou l'éther et à les peser par la balance ou les mesurer par des liqueurs titrées.

Cette méthode générale présente les inconvénients suivants :

1° Emploi d'une quantité notable d'écorce (30 gram. environ) en raison des pertes occasionnées par les difficultés d'épuisement.

2° Dissolution par l'acide chlorhydrique d'une grande quantité de matière colorante rouge qui rend très longue la séparation, par le filtre, de la solution acide d'avec le ligneux.

Cette difficulté a fait abandonner, aujourd'hui, le traitement préalable de l'écorce par l'acide. On se borne à mélanger directement la poudre d'écorce avec de la chaux délitée et à dessécher, à l'étuve à 100°, le mélange quino-calcaire.

La chaux est une base suffisamment énergique pour remplacer

les alcaloïdes dans leurs combinaisons avec les acides végétaux et les mettre en liberté.

3° Difficulté d'épuisement du mélange quino-calcaire par le chloroforme ou l'éther.

4° Recherche du poids des alcaloïdes peu certaine, en raison des altérations que subissent ces matières en perdant leur eau de combinaison.

5° Absence de contrôle dans les opérations.

Avantages des modifications apportées à la méthode générale. — Les modifications proposées n'ont pas pour objet de changer la méthode générale, mais bien de perfectionner quelques opérations de détail et notamment le procédé d'épuisement du mélange quino-calcaire par le chloroforme ou l'éther.

Les avantages du perfectionnement sont :

1° Emploi pour l'essai d'une minime quantité de poudre d'écorce (2 ou 3 gram. environ).

2° Economie de temps.

3° Contrôle des opérations.

MANUEL OPÉRATOIRE.

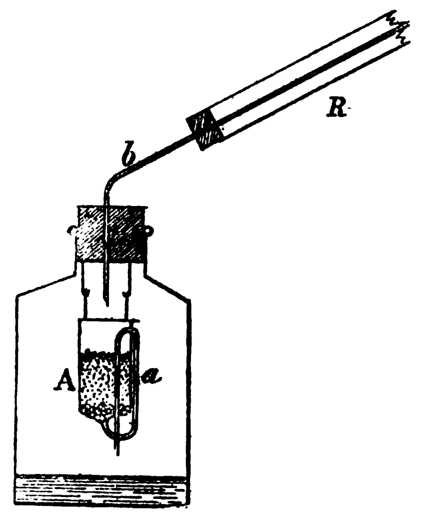
Echantillon moyen. — Prélever des fragments d'écorce sur l'ensemble du lot soumis à l'analyse, les broyer au mortier et les passer au tamis fin.

Mélange quino-calcaire. — Prendre 2gr,5 de cette poudre de quinquina, y ajouter 1gr,25 de chaux, récemment délitée, et avec de l'eau faire une pâte très homogène, qui est desséchée à l'étuve à 100°. Il importe que la dessiccation soit complète.

Epuisement par le chloroforme. — L'appareil employé pour l'épuisement du mélange quino-calcaire se compose d'un récipient à siphon comprenant un tube récipient *A*, mesurant environ 2 centim. de diamètre sur 8 centim. de longueur et un tube siphon *a*, de 3 millim. de diamètre, soudé à la partie inférieure du premier.

L'appareil est suspendu à l'intérieur d'un flacon à large goulot par deux crochets adaptés au bouchon.

Ce dernier est traversé par un tube *b* s'adaptant à un réfrigérent Liebig renversé *R*. (Éviter l'emploi du caoutchouc dans les ajutages.)



Le mélange quino-calcaire à épuiser est placé dans le tube récipient entre deux forts tampons en coton cardé.

Pour opérer, mettre 20 cent. cubes de chloroforme très pur dans le grand flacon et placer ce dernier dans un bain-marie. Dès que le chloroforme entre en ébullition, les vapeurs pénètrent dans le réfrigérent Liebig, s'y condensent et retombent à l'état liquide sur le mélange quino-calcaire qui est rapidement imbibé. Le récipient se remplit peu à peu et, lorsque le liquide atteint le niveau de la branche supérieure du siphon, celui-ci s'allume et coule sans interruption jusqu'à la fin de l'opération.

L'épuisement ayant lieu à chaud est rapidement effectué, une heure suffit; lorsqu'on juge l'opération terminée, on rétablit le réfrigérent Liebig dans sa position normale, et l'on expulse le chloroforme du grand flacon.

Ce résultat obtenu, démonter l'appareil et retirer le récipient à siphon du flacon. Au fond de celui-ci adhère une matière résinoïde renfermant la totalité des alcaloïdes et une résine acide insoluble.

Détermination des alcaloïdes par les liqueurs titrées. — Pour séparer les alcaloïdes de la résine, verser dans le flacon un centimètre cube de liqueur titrée normale d'acide sulfurique et un peu d'eau distillée, agiter, filtrer et laver avec soin.

Une partie de l'acide sulfurique est entrée en combinaison avec

les alcaloïdes pour former des sels neutres ; en recherchant, en présence du tournesol et au moyen d'une liqueur titrée de potasse au 1/10, la quantité d'acide sulfurique absorbée, on en déduira, par le calcul, le poids des alcaloïdes.

Soit A le nombre de centimètres cubes de potasse absorbés par 1 centimètre cube d'acide sulfurique de titre t.

Soit B le nombre de centimètres cubes de potasse absorbés par la même quantité d'acide sulfurique après sa combinaison avec les alcaloïdes.

$A - B = a$ représente la quantité de potasse remplacée par les alcaloïdes.

Donc, si à A de KOH correspond t de SO^4H^2,

à 1 de KOH correspondra $\frac{t}{A}$ de SO^4H^2.

et à a de KOH correspondront $\frac{t \times a}{A}$ de SO^4H^2.

Or, nous savons que :

1^gr^,512 de SO^4H^2 se combine à 10 gram. d'alcaloïdes ;

Donc, 1 gram. de SO^4H^2 se combinera à $\frac{10}{1.512}$

et $\frac{t \times a}{A}$ de SO^4H^2 se combineront à $\frac{10 \times \frac{t \times a}{A}}{1.512}$

ou, en développant les opérations, à $\frac{10 \times t \times a}{A \times 1.512}$.

Cette formule nous donne la quantité d'alcaloïdes contenue dans 2^gr^,5 d'écorce. En employant des liqueurs normales d'acide sulfurique et de potasse, la formule se réduit à $\frac{49 \times a}{1.512}$.

Recherche de la quinine. — La liqueur neutralisée par la potasse, obtenue dans l'opération précédente, est évaporée en grande partie, acidifiée et filtrée (laver avec très peu d'eau). Puis, on précipite les alcaloïdes par un léger excès d'ammoniaque, et l'on jette sur un filtre : laver le filtratum avec de l'eau ammoniacale et le laisser sécher à l'air ou sur de l'acide sulfurique.

Le précipité étant desséché, le reprendre par de l'éther, qui dissout seulement la quinine ; filtrer, évaporer l'éther et dissoudre

le résidu dans un centimètre cube de liqueur titrée normale d'acide sulfurique. En neutralisant par la liqueur décime de potasse et en appliquant la formule précédente, on obtient la quantité de quinine contenue dans $2^{gr},5$ d'écorce.

On peut, comme contrôle, obtenir directement la quinine en traitant par de l'éther très pur une nouvelle quantité de mélange quino-calcaire dans l'appareil à épuisement. Les opérations sont les mêmes que pour la détermination des alcaloïdes.

Réduction de la quinine en sulfate. — La transformation de la quinine en sulfate se réduit à poser une proportion, sachant que 324 de quinine correspond à 436 de sulfate basique.

APPLICATION.

En expérimentant sur un échantillon de quinquina les différentes méthodes que nous venons de rapporter, nous avons trouvé :

— Recherche directe des alcaloïdes par le chloroforme .... 3,08 °/°

— Recherche directe de la quinine par l'éther..... 1,32 »

— Recherche de la quinine en opérant sur le résidu de la première opération....... .... 1,31 »

Mende, le 10 juin 1893.

PROCÈS-VERBAUX

DE LA SECTION DES SCIENCES POUR 1893

Séance du 9 janvier 1893.

M. Valéry-Mayet fait une communication sur la réapparition des sangliers et des chevreuils dans les montagnes de l'Hérault.

Séance du 13 février 1893.

M. Meslin parle sur les franges d'interférences rigoureusement achromatiques. Il a d'abord obtenu des franges circulaires en éclairant un réseau circulaire à l'aide d'un trou très petit.

Ces franges, qui se comportent comme l'ombre des traits, sont produites par l'interférence des deux spectres de diffraction du premier ordre (diffractés vers la droite et vers la gauche). Les réseaux rectilignes, éclairés par une fente, peuvent présenter les mêmes phénomènes.

En étudiant au microscope ces franges au voisinage du réseau, on voit naître des colorations alternées très brillantes, dont la théorie précédente convenablement généralisée peut rendre compte. M. Meslin a photographié ces franges dans le corps même du microscope, et obtenu de petits clichés de 1 centim. de côté qu'il fait passer sous les yeux de l'Académie ; ces plaques rendues ortho-chromatiques représentent les alternances en question. Enfin, dans la troisième partie, M. Meslin applique les résultats précédents à l'explication des franges «dites de l'ouverture» dans le cas des réseaux parallèles. Le phénomène résulte de la superposition de phénomènes identiques provenant de chaque fente du premier réseau; la netteté étant néanmoins conservée grâce à la corrélation des périodes des deux réseaux.

M. Meslin parle ensuite sur l'équation de van der Waals, et donne une démonstration nouvelle du théorème des états correspondants.

Séance du 13 *mars* 1893.

M. HOUDAILLE, en son nom et au nom de M. Semichon, expose un ensemble de recherches sur la perméabilité et l'état de division des sols.

Séance du 17 *avril* 1893.

M. MESLIN fait une communication sur de nouvelles franges d'interférences, et demande la place nécessaire pour publier le mémoire dans les volumes de l'Académie.

M. DELAGE rend compte d'une excursion que M. Dautheville et lui ont faite récemment à Saint-Pons, et au cours de laquelle ils ont exploré la grotte d'où sort le Jaur.

Beaucoup de personnes la considèrent comme étant la source de cette rivière; d'autres, mieux avisées, n'y voient qu'un simple passage, le Jaur venant de plus loin et se confondant très probablement avec un ruisseau qui, en amont, coule dans la même direction, et vient se perdre sous terre à quelque distance de la grotte. A sa sortie de celle-ci, le Jaur, par son allure, son courant, son débit, se montre non comme une rivière naissante, mais comme une rivière toute faite.

M. DELAGE fait ensuite la description de la grotte au point de vue pittoresque.

Au point de vue scientifique, la grotte est moins importante, mais cependant point dénuée d'intérêt ; elle est entièrement creusée dans une masse de marbre cipolin, subordonnée à des schistes fibreux, qui, selon toute apparence, appartiennent au dévonien inférieur. Des fouilles pratiquées sous la direction de MM. Bourguet et Gayraud ont amené la découverte de quelques objets et des vestiges d'anciens travaux d'aménagement, le tout permettant de reconstituer l'histoire de la grotte considérée non pas comme lieu d'habitation, puisqu'elle semble avoir été toujours inondée, mais comme lieu de refuge temporaire. Les objets recueillis consistent en silex taillés, en fragments de poteries et en ossements.

Les silex, tous de types moustérien (second âge de la période paléolithique), sont au nombre de trois ou quatre seulement, dont un, râcloir ou grattoir, est fort beau. Les poteries, quoique rencontrées sur un même point, au milieu d'un ancien foyer avec cendres et

fragments de charbon, semblent ou bien remonter à des époques différentes, ou bien avoir été fabriquées par des artistes de talent différent. Toutes paraissent avoir été fortement desséchées, plutôt que soumises à une cuisson véritable, car la pâte ne présente aucune trace de vitrification, comme il s'en produit dans nos fours actuels. Parmi les fragments, les uns se rapportent à des ouvrages grossiers, sans ornements ou ornés à coup de pouce, les autres sont à pâte fine et proviennent d'ustensiles bien modelés.

Les ossements, peu nombreux, accusent la présence de l'homme et de quelques animaux domestiques, notamment du mouton, ou de la chèvre, du bœuf, du porc ou sanglier et du chien. Tous ont été trouvés sur un même point, à une assez grande distance du gisement des poteries, et dans l'épaisseur d'un plancher stalagmitique, qui ne recouvre pas entièrement le sol de la chambre, où il s'est développé, mais qui sert plutôt de soubassement à une énorme stalagmite appuyée contre un des murs de la salle. Ce plancher stalagmitique consiste en un travertin blanc, poreux et friable, qui peut avoir été rapidement déposé par les eaux très calcarifères qui suintent de la grotte. Il repose sur une épaisse couche de limon brunâtre et est recouvert par une très mince couche d'un limon analogue.

Il n'a encore été trouvé aucun débris des grands animaux quaternaires (ours, hyène, lion, mammouth), pourtant si communs dans d'autres grottes du département. De même, on n'a recueilli, jusqu'à présent, aucun outil ou ustensile en os ou en ivoire, mais on fera extraire de divers points de la grotte une certaine quantité de limon, qui, préalablement desséché et concassé, sera passé au tamis, seul moyen pratique de retrouver les petits objets de l'industrie humaine.

Quant aux anciens travaux d'aménagement constatés dans la grotte, ils consistent en entailles régulièrement espacées, faites dans certains couloirs, dans le roc, et destinées certainement à recevoir des poutres, lesquelles devaient supporter un plancher.

Tout cela, pour franchir plus aisément les passages difficiles, ou pour se préserver de l'humidité du sol.

Enfin, on a constaté l'existence d'un escalier taillé également dans le roc, et passant par une de ces cavités tubulaires et presque verticales qui font communiquer entre eux les étages. Il y a lieu d'ajouter que certains de ces trous tubulaires paraissent monter jusqu'au jour, et avoir été des entrées de souterrain. Or, sur la colline, juste au-dessus de la grotte, a existé jadis un château fort, dont une tour subsiste encore. A ce château, d'après la légende, aurait été annexée une vaste construction que l'on croit avoir été un couvent ; tout cela, château

fort, couvent moyen âge, éveille l'idée de souterrains et d'oubliettes. La grotte du Jaur n'en aurait-elle point fait office ?

M. Delage, au nom de MM. de Rouville et Bousquet, et au sien, annonce la découverte, remontant déjà à deux ans, d'un très important gisement du *terrain cambrien*, à Vélieux, arrondissement de Saint-Pons. Depuis sa découverte, ce gisement a été, de la part des auteurs, l'objet d'une étude approfondie.

Les limites, jusqu'ici relevées de son affleurement, montrent qu'il fait partie d'une longue et épaisse bande dirigée sensiblement Est-Ouest, et constituée par un puissant ensemble de roches, dont quelques unes n'ont pas encore été citées comme entrant dans la composition du cambrien de l'Hérault. Les fouilles pratiquées dans le gisement ont amené la découverte d'un grand nombre de fossiles primordiaux, parmi lesquels la plupart des formes déjà connues et d'autres très probablement nouvelles.

L'étude de ce gisement continue ; les résultats seront réunis dans un mémoire qui sera présenté à l'Académie. La présente communication est une prise de date.

MM. Delage et de Rouville présentent à la section un grand panorama photographique du Saint-Loup, et une carte géologique détaillée, au $\frac{1}{40.000^e}$ de la région du même nom.

M. de Forcrand rend compte de ces dernières recherches sur les dérivés métalliques du phénol. Il montre que, par évaporation lente à froid de mélanges de dissolutions aqueuses ou alcooliques de phénol et de bases solubles, on obtient divers phénates de potasse et de soude hydratés. Il indique comment l'étude thermique de ces composés fait voir que ce ne sont pas des combinaisons d'addition du phénol avec les bases, comme on le pensait, mais de véritables phénols potassé ou sodé, à différents degrés d'hydratation.

M. de Forcrand parle ensuite des phénols potassés à excès de phénol qu'on obtient par dissolution directe des métaux dans le phénol.

Leur composition n'était pas établie et ne pouvait l'être par les procédés ordinaires.

L'emploi de la méthode thermique a démontré que le phénol potassé s'unissait à trois molécules de phénol, tandis que le phénol sodé donne deux combinaisons à trois et à six molécules de phénol.

Séance du 9 mai 1893.

M. Crova présente un mémoire sur le bolomètre.

M. Foex, à propos des travaux d'hybridation poursuivis à l'Ecole d'Agriculture depuis 1875 entre diverses espèces du genre vitis, présente à la section quelques observations sur les résultats auxquels elles ont donné lieu. On pensait autrefois qu'il était impossible d'obtenir des produits féconds à la suite du croisement de deux espèces du même genre, et M. Planchon lui a, à plusieurs reprises, manifesté son étonnement que bon nombre des hybrides obtenus de la sorte entre des vignes pussent fructifier régulièrement. M. Foex pense que la chose est moins surprenante qu'elle ne le paraît à première vue.

La famille des Ampélidées offre en effet une grande plasticité, ses formes se modifient avec une grande facilité sous l'influence des milieux ; le Dr Welwich, qui a étudié la flore de l'Angola, a trouvé près de la côte très chaude et très sèche des *cissus*, *c. macropus*, et *c. baïnesii* formés par de gros tubercules en forme de navet, d'où sortent, à la saison des pluies, des tiges qui fleurissent et fructifient en deux mois, puis disparaissent à la saison sèche. Plus haut et plus loin de la côte, dans une région un peu moins sèche, les ampélidées étaient buissonnantes, enfin dans les hautes montagnes où il pleut elles reprenaient la forme élancée et grimpante que nous leur connaissons en Europe. En Chine et au Japon plusieurs espèces diverses et certaines formes de notre *Vitis Vinifera* sont caractérisées par la présence d'aiguillons ou de poils épineux sur leurs rameaux (*V. Davidi*, *V. Romaneti*, *Yeddo* de la collection Pulliat et *vigne de Chine* du Jardin d'Acclimatation, toutes deux *V. Vinifera*).

Cette facilité de variation des formes suivant les milieux est un indice de la prépondérance des caractères adaptationnels sur les caractères phylétiques chez les ampélidées, et elle permet de comprendre comment des espèces en apparence très éloignées, si on les juge au point de vue de leurs formes extérieures, peuvent en réalité avoir des origines communes très rapprochées et par suite de grandes affinités. Pour le démontrer plus complètement, M. Foex dit qu'il a obtenu à l'Ecole d'Agriculture un hybride entre *Ampelopsis* et *Vitis*, sans doute chétif et infécond, mais pour la production duquel on a dépassé les limites du genre que l'on croyait infranchissables.

Séance du 12 juin 1893.

M. Etienne DE ROUVILLE fait une communication sur quelques points de l'histologie de l'intestin des crustacés décapodes de la région de Cette. Il a découvert :

1° Un riche tissu glandulaire dans la portion renflée terminale de l'intestin de l'*Eupagurus striatus* ;

2° Un tissu glandulaire dans l'intestin du *Paguristes meticulosus* ;

3° Ce même tissu dans la région intermédiaire entre l'intestin moyen et l'intestin terminal chez le *Scyllarus aretus* ;

4° Une glande péri-intestinale chez le *Diogenes varians* ;

5° Il a enfin observé, chez le *Scyllarus aretus*, l'homologue de la *valvule pylorique dorsale* de l'Astacus. L'étude morphologique de cet organe l'engage à lui attribuer le rôle qui lui serait, d'après M. CUÉNOT, dévolu chez l'Astacus fluviatilis (*var. nobilis*) : ce ne serait pas à une valvule qu'on aurait affaire dans ces deux exemples, mais à un véritable entonnoir comparable à celui décrit par SCHNEIDER chez beaucoup d'insectes.

M. H. BERTIN-SANS a étudié chez des animaux de différentes espèces les variations que subissent, sous l'influence de l'âge, l'indice et les rayons de courbure du cristallin Voici les conclusions de ses recherches :

1° L'indice total du cristallin croît avec l'âge, comme l'avait déjà avancé Womow, d'après les résultats de quatre déterminations qu'il avait pu effectuer chez l'homme. Cet accroissement d'indice entraînerait forcément un rapprochement du proximum et du remotum, si d'autres causes n'intervenaient pour modifier son action.

2° Les rayons de courbure des deux faces du cristallin accommodé pour le remotum augmentent progressivement avec l'âge. Cette augmentation aurait précisément pour conséquence, si elle était seule à se produire, un recul progressif du remotum.

Ces conclusions peuvent s'étendre à l'homme.

On sait que le proximum s'éloigne de l'œil dès l'enfance ; le mécanisme bien connu que l'on invoque pour expliquer ce recul suffit encore à en rendre compte, malgré l'augmentation d'indice du cristallin. Quant au remotum, on admet qu'il reste stationnaire jusqu'à 50 ans environ. Cette fixité peut très bien s'expliquer grâce à l'action

antagoniste des modifications que subissent simultanément l'indice et les rayons de courbure du cristallin.

M. Astre présente un mémoire de M. Azéma sur une méthode de titrage des quinquinas. Ce mémoire paraîtra en 1894 dans un des volumes de l'Académie.

Séance du 10 *juillet* 1893.

MM. Houdaille et Semichon envoient leur mémoire sur la perméabilité et l'état de division des sols.

M. Delage, au nom de M. de Rouville et au sien, fait une communication sur des mammifères quaternaires, découverts dans une des nombreuses cavités du rocher de l'Estavel, à Cabrières (Hérault). Les ossements recueillis là, dans un espace très restreint, représentent au moins l'ours, l'hyène (?), le loup, le renard, le sanglier, le cheval, le bœuf, un grand cerf, le mouton ou la chèvre et le lièvre. Ces animaux ont été trouvés dans une couche de sable blanc jaunâtre rempli de grumeaux de travertin et recouvert par un plancher stalagmitique de 12 à 15 centim. d'épaisseur. Au-dessus de ce plancher était une autre couche de sable, mélangé de terre noirâtre et recélant les restes de l'homme et de son industrie, c'est-à-dire des ossements, notamment des fragments de crâne, des silex de type moustérien très pur et quelques os grossièrement travaillés.

On sait que le rocher de l'Estavel est une masse énorme de travertin, qui a été déposée, un peu au-dessus du niveau du lit de la Boyne, sur le flanc du Caragnas, massif calcaréo-schisteux représentant le Dévonien inférieur. La source calcarifère qui a déposé ce travertin coule encore, mais elle est devenue très irrégulièrement intermittente, et ses produits actuels sont peu importants. Il n'en est pas moins intéressant de constater qu'elle continue d'ajouter au travertin déjà formé et que celui-ci, par le fait même, n'a pas cessé de se développer.

Cependant, étant donnés la place qu'occupe la grotte à ossements et l'âge de ces derniers, on voit aisément qu'à l'époque paléolithique le rocher de l'Estavel était à très peu près ce qu'il est aujourd'hui. Or, si, d'une part, on tient compte de sa masse et du temps fort long qu'a dû exiger sa formation ; si, d'autre part, on considère que cette masse n'a pas été dérangée de sa position primitive, qu'elle n'a subi l'influence d'aucun phénomène de dislocation, on ne peut qu'en reporter

les débuts à une époque indéterminée sans doute, mais très reculée et ayant pu, dans tous les cas, suivre immédiatement celle où remonte l'état orographique actuel de la région.

M. Foex décrit deux nouvelles maladies de la vigne.

Séance du 13 *novembre* 1893.

M. Massol dit : Sur les conseils de M. Friedel, j'ai appliqué à l'acide camphorique les méthodes que j'ai indiqué:s dans ma Thèse sur l'« Etude thermique des acides organiques ». Ces méthodes appliquées aux polyacides, aux acides alcools et aux acides isomères, m'ont fourni des résultats qui pourront dans certains cas servir à déterminer la formule de constitution de ces combinaisons.

L'acide camphorique est considéré comme un diacide depuis fort longtemps ; cependant M. Friedel, se basant sur ce que les 2 éthers éthyliques et les 2 chlorures de camphoryle ne sont pas identiques, et sur ce que l'anhydride camphorique se combine avec avec la phényle-hydrazine, a émis l'opinion que l'acide camphorique était un mono-acide-alcool-acétone.

Les chaleurs de formation à l'état solide des camphorates de soude sont :

Camphorate neutre de sodium.........	+ 31	cal.	94
Camphorate acide de sodium...........	+ 18	—	74
Transformation du sel acide en sel neutre.	+ 13	—	20

1° Il y a lieu de remarquer que la chaleur de formation du sel neutre est inférieure à celles que j'ai trouvées pour les diacides organiques à fonctions simples ;

2° Que la chaleur de formation du sel acide est sensiblement égale à celle des mono-acides gras ou aromatiques ;

3° Que la chaleur de combinaison avec la deuxième molécule de soude est notablement plus faible.

Ces résultats semblent confirmer l'opinion émise par Friedel.

Séance du 11 décembre 1893.

M. Foex entretient la section de phénomènes qu'il a observés ces dernières années dans divers vignobles des côtes du Rhône, notamment à Côte-Rôtie (Ampuis) et à l'Ermitage (Tain). Sur certains points bien connus des vignerons et qu'ils désignent sous le nom de *terrains punais*, les provins périssent peu de temps après avoir été effectués, et souvent avant même d'avoir émis des racines ; si on cherche à les remplacer par de nouveaux provins, les mêmes faits se reproduisent. Divers viticulteurs ont vainement cherché la cause de cette mortalité des provins dans la composition du sol des endroits où elle se produit, M. Foex a trouvé qu'elle coïncidait constamment avec la présence du *dematophora necatrix*, parasite des plus dangereux qui attaque un grand nombre de plantes et qui se développe dans les milieux saturés d'humidité.

On peut regarder comme impossible de débarrasser les plantes atteintes du *dematophora* parce que le mycélium de ce champignon pénètre les tissus subcorticaux et que les agents susceptibles de le détruire détruiraient d'abord ces derniers eux-mêmes. Mais une question intéressante se pose plus opportunément : comment désinfecter les terres qui sont envahies par le parasite? La solution présente bien des difficultés ; en effet, quel que soit le soin avec lequel on puisse procéder à l'arrachage des vignes atteintes, il en reste toujours quelques débris plus ou moins pénétrés de mycélium dans l'intérieur du sol et le *dematophora* a la dangereuse faculté de passer à l'état de saprophyte lorsque sa vie parasitaire est terminée. On devra donc, dans les essais à tenter pour purifier le sol, avoir recours à un agent susceptible de pénétrer complètement le sol et d'y rendre impropre à l'existence du *dematophora* tous les fragments de vignes qui peuvent y demeurer.

M. Foex a songé, dans cet ordre d'idées, à essayer l'emploi du sulfure de carbone soit à l'état de vapeur, soit à l'état de dissolution et d'émulsion dans l'eau, cette dernière forme lui paraissant plus convenable pour pénétrer le milieu saturé d'eau constitué par le sous-sol des points *punais*. Le 6 avril, trois places envahies par le *dematophora* ont été délimitées dans une vigne située au bas du coteau de l'Ermitage, les ceps qui les occupaient ont été arrachés avec soin ; l'une des

places réservée comme témoin n'a reçu aucun traitement, la seconde a reçu du sulfure de carbone pur à raison de 700 kilogr. à l'hectare, la troisième a été traitée avec la même dose de sulfure dissous ou émulsionné avec l'appareil Fafeur. Au bout de quinze jours, les trois lots ont été replantés avec des plants de Syrah greffés sur Riparia et quelques provins pris sur les pieds voisins. Un examen fait sur les lieux le 25 novembre dernier a permis de reconnaître le *peronospora* dans le lot témoin, et il a été impossible de le découvrir dans les deux autres.

Il n'est pas possible évidemment de tirer encore des conclusions définitives de cette première expérience, mais elle peut être regardée comme un encouragement à continuer des essais dans le même sens.

